

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

VARASTOINTIKAPASITEETIN KÄYTÖN TEHOSTAMINEN

Tutkielma

Insinöörikapteeni
Vesa Kivelä

EUK 66
Maasotalinja

Huhtikuu 2014

MAANPUOLUSTUSKORKEAKOULU

Kurssi Esiupseerikurssi 66	Linja Maasotalinja
Tekijä Insinöörikapteeni Vesa Kivelä	
Tutkielman nimi VARASTOINTIKAPASITEETIN KÄYTÖN TEHOSTAMINEN	
Oppiaine johon työ liittyy Sotatekniikka	Säilytyspaikka MPKK:n kurssikirjasto
Aika Huhtikuu 2014	Tekstisivuja 39, Liitesivuja 9
TIIVISTELMÄ <p>Tutkimuksessa selvitettiin kuormalavoille varastoidun materiaalin varastointikapasiteetin tehostamista mahdollisimman kustannustehokkaasti. Varastointikapasiteetin tehostamiseksi pyrittiin löytämään ratkaisut kahdelle esimerkivarastolle uusia varastointiteknologioita ja materiaalinkäsittelylaitteita hyödyntämällä. Tutkimuksen aihe perustui Maavoimien esikunnan huolto-osaston tarpeeseen saada tutkittua mahdollisuuksia nykyisten varastojen varastointikapasiteetin tehostamiseksi. Nykyisten varastosuojien varastointikapasiteetin käytön tehostamisella voidaan välttää uusien kalliiden varastosuojien rakentaminen.</p> <p>Tutkimus laadittiin suorittamalla kirjallisuustutkimus varastoinnin perusteisiin, varastojen jaotteluun, tilasuunnitteluun, varastointiteknologioihin sekä materiaalinkäsittelylaitteisiin. Varastoinnin nykytilan kartoittamiseksi perehdyttiin puolustusvoimien varastointisuunnitelman version 3.0 luonnokseen. Esimerkkivarastojen nykytilanteen selvittäminen toteutettiin laatimalla varastoille kysely sekä vierailemalla toisella varastolla.</p> <p>Esimerkkivarastoille suunniteltiin Intolog Vantaa Oy:n edustajien kanssa uudet hyllyjärjestelmävaihtoehdot. Tutkija laati itse toiset vaihtoehdot molemmille varastoille Intolog Vantaa Oy:n vaihtoehtojen vertaamiseksi. Vaihtoehdoille laskettiin tunnusluvut ja investointikustannukset, joita vertailtiin sekä keskenään että nykytilaan. Tutkimustyön tuloksena syntyi laskelma saavutettavasta varastointikapasiteetin lisäyksestä investointikustannuksineen.</p> <p>Esimerkkivaraston 1 osalta kapasiteettia on mahdollista lisätä liikkuvia sekä push back -hyllystöjä käyttämällä noin 1 500 kuormalavapaikkaa (40 %) investointikustannusten ollessa noin 680 000 euroa. Esimerkkivaraston 2 osalta lisäys push back -hyllystöillä on noin 500 kuormalavapaikkaa (35 %) investointikustannusten ollessa noin 350 000 euroa.</p> <p>Tutkimuksen tuloksien perusteella voidaan uusia varastointiteknologioita hyödyntämällä lisätä puolustusvoimien varastoihin varovaisesti arvioiden noin 26 000 kuormalavapaikkaa. Jokainen varasto on kuitenkin erilainen, joten tutkimuksen tuloksia pitää tarkastella varastokohtaisesti.</p>	
AVAINSANAT <p>Logistiikka, tehostaminen, varastointi, varastonhallinta, varastointiteknologiat, materiaalinkäsittelylaitteet</p>	

VARASTOINTIKAPASITEETIN KÄYTÖN TEHOSTAMINEN

Sisältö

1.	JOHDANTO	1
1.1.	Tutkimuksen lähtökohdat	1
1.2.	Tärkeimmät käsitteet ja määritelmät	2
1.3.	Tärkeimmät rajaukset	3
1.4.	Tutkimusmenetelmät	3
1.5.	Tutkimuskysymykset	3
1.6.	Tärkeimmät lähteet ja lähdekritiikki	4
2.	VARASTOT	6
2.1.	Varastointi osana puolustusvoimien logistiikkaa	6
2.2.	Varastoinnin tarpeellisuus	7
2.3.	Puolustusvoimien varastoinnin erityispiirteitä	8
2.4.	Maavoimien varastointisuunnitelman päivittäminen puolustusvoimien varastointisuunnitelmaksi	9
2.5.	Varaston tilasuunnittelu	10
2.6.	Varastojen jaottelu	11
2.7.	Varastoinnin nykytila	12
2.8.	Varastoinnin kustannukset	13
2.9.	Varastoinnin mittarit ja tunnusluvut	14
3.	VARASTOINTITEKNOLOGIAT JA KÄSITTELYLAITTEET	16
3.1.	Perinteinen kuormalavahylly	16
3.2.	Korkeavarasto	17
3.3.	Syväkuormaushylly	18
3.4.	FIFO-periaatteella toimiva hyllyjärjestelmä (läpivirtaushylly)	19
3.5.	Liikkuvat hyllystöt	20
3.6.	Push back -hyllystö	21
3.7.	Kuormalavojen käsittelylaitteet	22
3.8.	Automaattivarastot	25
4.	TUTKIMUKSESSA TARKASTELTAVIEN ESIMERKKIVARASTOJEN NYKYTILAN KUVAUS	27
4.1.	Pohjapiirrokset, hyllyjärjestelmät ja materiaalinkäsittelylaitteet	27
4.2.	Varastointikapasiteetit ja tunnusluvut	29
5.	VARASTOINTITEKNOLOGIOILLA SAAVUTETTAVA KAPASITEETIN LISÄYS JA KUSTANNUKSET	30
5.1.	Tilasuunnittelu ja hyllyjärjestelmä	30
5.2.	Materiaalinkäsittelylaitteet	32

5.3.	Saavutettava varastointikapasiteetin lisäys ja tunnusluvut	33
6.	JOHTOPÄÄTÖKSET	36
LÄHTEET		
LIITTEET		

VARASTOINTIKAPASITEETIN KÄYTÖN TEHOSTAMINEN

1. JOHDANTO

1.1. Tutkimuksen lähtökohdat

Puolustusvoimilla on tarve varastoida materiaalia lakisääteisten tehtäviensä suorittamiseksi. Pitkäaikaisvarastoinnin tarve puolustusvoimissa liittyy joukkojen varustamiseen oikea-aikaisesti käyttökuntoisella materiaalilla. Materiaalia joudutaan varastoimaan, kun sitä ole kaupallisesti saatavilla riittävää määrää tai toimitusajat ovat liian pitkiä valmiuden kohottamisen aikavaatimusten puitteissa.

Tutkimuksen aiheena on varastointikapasiteetin käytön tehostaminen. Varastointikapasiteetilla tarkoitetaan erityyppisiin varastotiloihin tai varastosuojiiin mahtuvien varastointiyksiköiden määrää. Varastointikapasiteetin käytön tehostamisella pyritään saamaan lisää kuormalava-paikkoja nykyisiin varastoihin, jotta varastoinnin yksikkökustannukset pienenevät. Samanlaisesti varastoinnin tehostamisella voidaan välttää uusien kalliiden varastosuojien rakentaminen ja niiden vuokraaminen pitkäaikaisella sopimuksella Senaatti-kiinteistöltä.

Tutkimusaihe on ajankohtainen erityisesti puolustusvoimauudistukseen liittyen, koska joukko-osastoja lakkautetaan ja luovutaan lakkautettujen joukko-osastojen tiloista ja alueista. Vaikka perustamistehtäväluettelon mukaisten joukkojen määrä pienenee 350 000 sotilaasta 230 000 sotilaaseen, varastoitavien sotavarusteiden määrissä ei tapahdu lukumääräisesti yhtä suurta vähennystä [28, s. 101]. Julkisen talouden tilanne ja puolustusbudjetin pienuus vaikuttavat siihen, ettei puolustushallinnolla ole lähitulevaisuudessa riittävästi resursseja rakentaa uusia kylmän materiaalin varastotiloja. Toisaalta varastointikapasiteetin lisääminen kuivailmavarastoihin ja lämpimiin varastoihin mahdollistaa luopumisen huonokuntoisista vanhoista varastoista, joissa materiaalin varastointi on epäkäytännöllistä ja varastointiolosuhteita ei täyty. Uudet hankittavat sotavarusteet vaativat yhä parempia varasto-olosuhteita, jotta materiaali säilyisi käyttökelpoisena pitkäaikaisvarastoinnissa koko sille määritellyn elinjakson ajan.

Tutkimuksen aihe on esitetty Maavoimien esikunnan huolto-osastolta. Vuoden 2013 loppuun mennessä valmistui luonnos puolustusvoimien varastointisuunnitelman versiosta 3.0, jossa esitetään varastoinnin nykytilanne sekä varastoinnin tilanteen kehittyminen vuoteen 2025 saakka. Tutkimuksen avulla edesautetaan varastoinnin kehittämistä, mikäli kyetään osoittamaan, että nykyisiin varastoihin voidaan varastoida enemmän materiaalia uusien varastointiteknologioita käyttäen.

Varastoinnin laadun parantamiseksi, kapasiteetin lisäämiseksi ja kustannusten pienentämiseksi ei aina ole välttämätöntä rakentaa uusia kalliita varastotiloja tai ottaa käyttöön uutta varastointitekniikkaa. Varaston epäjärjestys, tarpeettoman materiaalin varastointi tai puutteellisesti lavoitetut tuotteet vaativat paljon tilaa. Varastoinnin epäjärjestyksen syynä voi olla varaston henkilöstöresurssien puute, minkä vuoksi varastohenkilöstöllä ei ole aikaa tarvittaviin varastojärjestelyihin eikä materiaalin uudelleen lavoittamista järkevällä tavalla.

1.2. Tärkeimmät käsitteet ja määritelmät

Tässä tutkimuksessa käytetyt tärkeimmät käsitteet ja määritelmät on määritelty seuraavasti:

Varastointi on tuotteiden säilyttämistä siten, että materiaali säilyy käyttökuntoisena. Varastotyyppinä ja varastointiolosuhteita on useita erilaisia aina ulko- ja sisävarastoinnista lämpimiin varastoihin.

Kapasiteetti on varastoon mahtuvien varastointiyksiköiden (kuormalava tai häkki) määrä. Osa materiaalista varastoidaan suoraan lattioille: esimerkiksi painavat ja suuret tuotteet, kuten tykit ja ajoneuvot. Edellä mainittujen nimikkeiden varastoinnin tehokas tilan käyttö perustuu pääasiassa varaston järjestykseen.

Tehokkuudella tarkoitetaan saavutettavaa varastointikapasiteetin lisäystä investoimalla uusiin hyllyjärjestelmiin ja materiaalinkäsittelylaitteisiin. Varastoinnin tehostamista voidaan toteuttaa myös keinoilla, jotka eivät vaadi investointeja (muun muassa lavoittaminen, varaston järjestys, lajivarastointi sekä olosuhdevaatimusten mukainen varastointi).

Logistiikka on tuotteen tai palvelun ja siihen liittyvän tiedon ja rahan hallintaa organisaatiossa asiakastarpeiden tyydyttämiseksi [9, s. 20].

Varastoilla tarkoitetaan varastorakennuksia ja -tiloja, joissa materiaalia säilytetään sekä niihin liittyviä varastotoimintoja [9, s. 79].

Kylmällä materiaalilla tarkoitetaan materiaalia, joka ei sisällä räjähdysaineita.

1.3. Tärkeimmät rajaukset

Tutkimuksessa tarkastellaan standardikuormalavoille (EUR-lava 0,8 x 1,2 x 0,144 m ja FIN-lava 1,0 x 1,2 x 0,144 m.) tai häkkeihin varastoidun materiaalin pitkäaikaisvarastointia, josta puolustusvoimissa käytetään nimitystä varmuusvarastointi. Tutkimus on rajattu koskemaan ei-räjähtävän materiaalin eli niin sanotun kylmän materiaalin varastointikapasiteetin käytön tehostamista. Tutkimuksessa tehostaminen rajataan koskemaan kuormalavojen varastointikapasiteetin lisäämistä uusilla varastointiteknologioilla sekä materiaalinkäsittelylaitteilla. Tutkimuksessa vertaillaan kahden olemassa olevan varastosuojan nykyisiä varastointikapasiteetteja uusilla teknologioilla saavutettaviin varastointikapasiteetteihin. Tarkastelussa huomioidaan varastoinnin vaatimat tilatarpeet materiaalin lähettämiseen, vastaanottoon sekä materiaalinkäsittelylaitteiden ja pakkausmateriaalien säilyttämiseen.

1.4. Tutkimusmenetelmät

Tutkimus suoritettiin tekemällä kirjallisuustutkimus, jonka perusteella on laadittu tutkimuksen luvut 2 ja 3. Kahden varastosuojan osalta toteutettiin kysely varastoijille nykytilan sekä varastojen tietojen kartoittamiseksi. Kysymykset on laadittu pohjautuen Maavoimien materiaalityönselvityksen kesällä 2013 suorittamaan kyselyyn varastoille hallintoyksiköille. Tutkija lisäsi kyselyyn kysymykset, jotka olivat tutkimuksen kannalta oleellisia selvittää. Kyselyn sisältö on liitteenä 1. Yhdeltä varastointijärjestelmistä toimittavalta yritykseltä pyydettiin budjetäriset tarjoukset investointikustannusten sekä mahdollisten varastointiteknologioiden selvittämiseksi. Tarvittavien yksityiskohtien selvittämiseksi suoritettiin asiantuntijoiden puhelinhaastatteluita.

Tutkimusta täydennettiin vierailemalla toisella esimerkkivarastolla nykytilanteen kartoittamiseksi. Toisella esimerkkivarastolla tutkija on vierailut jo aikaisemmin, joten tutkimuksen aikana tarvittavat täsmennykset kyselyllä saatuihin vastauksiin pyydettiin varastolta sähköpostitse. Vierailun aikana kartoitettiin varastoinnin suunnittelussa ja ohjauksessa työskentelevien henkilöiden mielipiteitä varastoinnin nykytilanteesta sekä mahdollisista kehityskohteista.

1.5. Tutkimuskysymykset

Tutkimuksen tavoitteena on löytää teknologisia keinoja varastointikapasiteetin tehostamiseksi. Kahden esimerkkivaraston osalta selvitetään varastoinnin nykytilanne ja varastoihin suunnitellaan uudet kuormalavahyllyjärjestelmät. Tutkimukselle asetettiin seuraavat tutkimuskysymykset:

1. Mikä on esimerkkivarastojen nykytilanne?
2. Millä keinoilla varastointikapasiteettia voidaan tehostaa kuormalavojen varastointimiseksi?
3. Kuinka paljon kuormalavojen varastointikapasiteettia voidaan lisätä esimerkkivarastoissa?

3.1 Onko varastointikapasiteetin tehostamiselle soveltamisrajoitteita, jotka tulee ottaa huomioon?

4. Paljonko investointikustannukset ovat?

Edellä mainittuihin tutkimuskysymyksiin päädyttiin, jotta tutkimustuloksia voitaisiin hyödyntää puolustusvoimien varastointisuunnittelussa. Tutkimuskysymyksien vastauksia voidaan käyttää suunniteltaessa mahdollisia varastoinnin tehostamistoimia nykyisiin varastoihin huomioiden lisäksi tutkimuskysymyksen 3.1 soveltamisrajoitteet. Tutkimuskysymyksen 2 vastusta voidaan hyödyntää uusien varastojen tilasuunnittelussa.

1.6. Tärkeimmät lähteet ja lähdekritiikki

Tutkimuksen tärkeimpinä lähteinä käytettiin kotimaisia logistiikkaa käsitteleviä kirjoja. Merkittävin lähde oli Karhusen, Pourin ja Santalan kirjoittama Kuljetukset ja varastointi -kirja. Kirja esittelee käytännön tasolla varastointijärjestelmät, kaluston ja toimintaperiaatteet. Muuna lähteenä käytetty kotimainen logistiikka-alan kirjallisuus tuki edellä mainitun kirjan sisältöä. Mulcanyn kirjoista pyrittiin löytämään vahvistusta kotimaisissa kirjoissa esitetyille asioille. Mulcanyn kirjat olivat hyvin teoreettisia eivätkä siten täysin tukeneet käytännönläheistä tutkimusaihetta.

Aikaisempi tutkimus puolustusvoimissa varastoinnin kehittämisestä on DI Jere Rannan diplomityö, jonka aiheena oli Puolustusvoimien Materiaalilaitoksen varastoinnin kehittäminen. Tutkimuksessa keskityttiin nykytilaksi määritellyn vuoden 2003 kartoittamiseen ja varastoinnin tehokkuuden ja taloudellisuuden parantamiseen. Työn lopputuloksena oli esitetty kehittämiskohteita, joissa ei kuitenkaan esitetty esim. yksityiskohtaisia teknologisia ratkaisuja. Työssä oli määritelty puolustusvoimille soveltuvia varastoinnin tunnuslukuja, joita myös tässä tutkimuksessa on esitelty.

Jari Osmonen on laatinut Maanpuolustuskorkeakoululle diplomityön julkisen sektorin logistiikasta vuonna 2009. Tutkimus oli aiheen osalta ensimmäinen laatuaan puolustushallinnossa, joten siinä olevat asiat on esitetty hyvin yleisellä tasolla laaja-alaisesti, eikä tutkimusta voitu hyödyntää tässä tutkimuksessa. Ammattikorkeakouluissa sekä yliopistoissa on tehty tutkimuksia, joissa on tutkittu keinoja yritysten varastoinnin tehostamiseksi eri menetelmillä. Näissä tutkimuksissa on esitelty varastointiteknologioita hyvin laajasti ja käytännön ongelmiin sitoen.

Puolustusvoimien varastoinnin kokonaisuutta ja käsitteitä tutkittaessa käytettiin lähteinä puolustusvoimien logistiikkastrategiaa sekä maavoimien varastointisuunnitelman versiota 2.0 ja puolustusvoimien varastointisuunnitelman version 3.0 luonnosta. Luonnosasiakirjaa käytettiin, koska versio 2.0 oli vanhentunut, ja varastoinnin kehittämisen linjaukset puolustusvoimauudistukseen liittyen oli kirjattu version 3.0 luonnokseen. Puolustusvoimien varastoinnin käsikirjat ovat noin 40 vuotta sitten laadittuja, joten niitä ei käytetty lähteinä. Puolustusvoimien varastotoiminnan käsikirja I (yleinen osa) ja puolustusvoimien varastotoiminnan käsikirja II (materiaalialat) ovat yleisesti todetut vanhentuneiksi, ja käsikirjojen uusimistarve on tunnistettu. Käsikirjan I viimeiset korjaukset on julkaistu 19.6.1979 ja käsikirjan II osan viimeiset korjaukset on julkaistu 17.8.1990. [15, s. 54]

Esimerkkivarastojen nykytilan kartoituksessa lähteenä käytettiin varastoilta kyselyyn vastauksena saatua materiaalia sekä puolustusvoimien varastointisuunnitelman version 3.0 laatimiseen koottua puolustusvoimien varastointitilannekuvaa. Varastointiteknologioiden käsittelyyn löytyi kirjallisuuden lisäksi internet-lähteistä järjestelmätoimittajien esitteitä. Esitteissä oleviin teoreettisiin varastointikapasiteetin lisäyksiin suhtauduttiin tutkimuksessa kriittisesti, koska kapasiteetin lisäykseen vaikuttavia tekijöitä on runsaasti, erityisesti suunniteltaessa uusia järjestelmiä olemassa oleviin varastoihin. Intolog Oy:n laatimiin laskelmiin varastointikapasiteetin lisäyksestä tulee suhtautua varauksella, koska suunnittelu laadittiin nykyisten varastojen tilasuunnitelmien perusteella ja tarkkojen suunnitelmien laatiminen vaatii kohteeseen huolellisen perehtymisen. Tarkat hintatiedot uusille järjestelmille on saatavissa vasta virallisella tarjouspyynnöllä, joten tässä tutkimuksessa esitetyt hintatiedot ovat budjetäärisiä, eivätkä siten ole kumpakaan osapuolta sitovia.

2. VARASTOT

Historian ensimmäiset varastot syntyivät, kun ihmisellä oli tarve varastoida elintarvikkeita ja tarveaineita talven yli selviytymiseksi. Varastoinnin tarpeet ovat kautta historian olleet hyvin moninaisia. Varastointiin liittyvät usein myös varastoitavan materiaalin arvon laskuun liittyvät ongelmat pois lukien viinien ja konjakkien varastointi. Näiden tuotteiden arvo kohoaa usein vanhenemisen myötä. Varastoinnissa on keskeistä varmistaa materiaalin säilyminen käyttökelpoisena varastoinnin aikana. [8, s. 9–10]

Varastojen merkitys logistiikassa on keskeinen. Suurin osa kuljetuksista alkaa varastoista ja päättyy edelleen varastoihin muun muassa tavaroiden pakkaamisen, lähettämisen, vastaanoton ja tarkastuksen osalta [11, s. 302]. Turhaa varastointia on pyrittävä välttämään kustannusten ja pääomien sitoutumisen vuoksi. Varastointi on kuitenkin perusteltua asiakaslähtöisyyden näkökulmasta, eikä varastointia tule käsitellä ja ajatella ongelmana. [9, s. 182] Ennen kuin tutkimuksessa tarkastellaan varastointiteknologioita, esitetään lyhyesti varastoinnin syitä ja tarpeellisuutta.

2.1. Varastointi osana puolustusvoimien logistiikkaa

Varastoinnin käsite on tutkimuksen kannalta sidottava logistiikkakäsitteeseen. Logistiikan määritelmiä löytyy jokaisesta logistiikkaa käsittelevistä kirjoista. Logistiikka sanana on peräisin kreikan kielen termistä logistikos. Tällä on aikoinaan tarkoitettu käytännön laskutaitoa ja myöhemmin sana on johdettu tarkoittavan päättely- ja ajattelutaitoa. Yhdysvaltojen armeija on käyttänyt vuodesta 1918 alkaen logistiikkatermiä tarkoittamaan taisteluvälineosaston ja huoltojoukkojen toimintoja. [7, s. 11]

Eräs määritelmä logistiikalle on muotoiltu seuraavasti: ”Logistiikka on tuotannon raaka-aineiden ja osien sekä kaupan tarvitsemien tuotteiden hankintaa (ostamista, kuljetusta, ja varastointia), valmistuksen ohjausta, lopputuotteiden myyntipalveluja, jakelua (varastointia ja kuljetusta) ja myynnin jälkeisten palvelujen tuottamista.” Keskeistä logistiikassa on edellä mainittujen toimintojen johtaminen siten, että lopputulokset ovat laadullisesti mahdollisimman hyviä ja kustannustehokkaita niin asiakkaiden kuin palveluja tuottavien tahojen näkökulmasta. [11, s. 23]

Vasta 1950-luvulta alkaen logistiikka on sanana tunnettu siviilimaailman terminä asiakaspalvelun tullessa logistisen hallinnon peruspilariksi. Logistiikka levisi tämän jälkeen kaikkialle yritysmailmaan. Siitä tuli 1990-luvulla jopa muotisana, joka kuvaa kaikenlaista materiaali-, informaatio- ja valuuttavirtojen hallintaa. Logistiikkastrategian onnistuneisuuden katsotaan nykyisin vaikuttavan kaikkein eniten nykyaikaisen asiakaslähtöisen yritystoiminnan menestykseen. [7, s. 12]

Puolustusjärjestelmässä logistiikan on määritelty tarkoittavan ”kaikissa toimintaympäristöissä tapahtuvaa kokonaisvaltaista prosessia, jolla luodaan ja ylläpidetään joukkojen ja henkilöstön toimintakykyä tarpeen mukaisesti sekä hankitaan, tuotetaan, varastoidaan, jaetaan, modernisoidaan sekä pidetään kunnossa ja poistetaan käytöstä materiaalia. Logistiikkaan kuuluvat tuotteiden ja palvelujen tilaus-toimitusketjut sekä niiden hallinta.” [21]

Puolustusvoimille laaditun logistiikkastrategian mukaisesti logistiikkajärjestelmä on jaettu kuuteen toimialaan: kunnossapito, täydennykset, huoltopalvelut, kuljetukset, lääkintähuolto ja johtaminen. Täydennysjärjestelmän tehtäviksi on logistiikkastrategiassa asetettu toimintakelpoisen ja vaatimusten mukaisen materiaalin hankinta, tuottaminen, varastointi ja oikea-aikainen jakelu sekä materiaalin evakuointi ja käytöstä poistaminen. Materiaalihallinto ja tuotetiedon hallinta sisältyvät täydennysjärjestelmään. [23]

Logistiset toiminnot (kuljettaminen ja varastointi) ovat tärkeitä arvoketjun toteutumisessa. Logistiikka liittyy yrityksen eri puolilla suoritettavat palvelun tai tavaran tuottamisen vaiheet yhdeksi kokonaisuudeksi. Sakin mukaan ”logistiikka on kuin verenkierron mekanismi elävissä olennoissa.” [26, s. 16]

2.2. Varastoinnin tarpeellisuus

Varastoilla (warehouse management) voidaan tarkoittaa käsitteenä varastorakennuksia ja -tiloja sekä niihin liittyviä varastotoimintoja [9, s. 79]. Hokkanen on vastaavasti määritellyt varastoinnin tarkoittavan kahta eri asiaa riippuen näkökulmasta; fyysinen tila, jossa säilytetään varastoitavia tavaroita tai talousopillisesti tarkasteltuna vaihto-omaisuuden materiaallisuutta, joka ei ole jalostuksessa. Englannin kielessä nämä kaksi asiaa on eroteltu toisistaan sanoilla warehouse ja inventory. Varastoa voidaan verrata jopa nopeudella nolla tapahtuvaan kuljetukseen. Tällöin varastoksi voidaan katsoa paikka tai tila, jossa materiaali seisoo jonkin syyn vuoksi lyhyemmän tai pidemmän aikaa. [7, s. 125]

Varasto voi olla väliaikainen tai lopullinen sijoituspaikka materiaalin säilyttämiseksi. Loppusijoituspaikoiksi voidaan katsoa pysyvät varastot mm. kaatopaikat, ydinjätteen kalliovarastointi tai jopa hautausmaat. [7, s. 125]

Varastoinnin syiksi on yleisesti määritelty mm. seuraavia tekijöitä:

- kuljetuskustannusten alentaminen
- tuotantokustannusten alentaminen
- suurten hankintaerien edullisuus
- toimitusten varmistaminen
- yrityksen asiakaspalvelupolitiikka
- markkinatilanteiden muutosten tasaaminen
- myyjien, toimittajien ja asiakkaiden JIT -ohjelmien (Just in time) tukeminen
- halutun asiakaspalvelutason saavuttaminen. [7, s. 125]

2.3. Puolustusvoimien varastoinnin erityispiirteitä

Puolustusvoimien varastointitarpeet ovat lähtökohdiltaan huomattavasti erilaisempia kuin liiketaloudellisesti toimivien yritysten. Suurin osa puolustusvoimien varastoinnista on varmuusvarastointia, jonka tavoitteena on joukkojen varustaminen valmiutta kohotettaessa. Liiketaloudellisesti toimivat yritykset pyrkivät pienentämään varastoihin sitoutuneita pääomia sekä pienentämään varastointiin sitoutuvia kiinteitä ja muuttuvia kustannuksia. Yritykset ovat siirtäneet osan varastoistaan jopa kuljetusyrittäjien ajoneuvoihin tavoitellessaan suurinta mahdollista kustannussäästöä. Varastoinnista vapautuneita pääomia yritys voi käyttää muuhun toimintaan kilpailukykyensä varmistamiseksi.

Puolustusvoimissa varastoinnin päämääränä on, että hallussa oleva materiaali säilyy toimintaja jakokelpoisena sekä sen käyttöönottamiseksi liittyvät toimenpiteet on suunniteltu. Varastointia ja siihen liittyvää valmiussuunnittelua ohjaavat operatiivisten perusteiden vaatimukset. [15]

Puolustusvoimilla on tarve varastoida materiaalia perustettaville joukoille sekä joukkotuotannon materiaalintarpeiden vaatimuksien mukaan. Suomen puolustusratkaisu perustuu koko maan kattavaan alueelliseen puolustusjärjestelmään. Perustettavien joukkojen määrää vähennetään puolustusvoimauudistuksessa vuodesta 2015 alkaen 350 000 sotilaasta 230 000 sotilaaseen. [28, s. 101]

Joukko-osastoilla on varastoissaan joukkotuotannossa tarvittava ja perustettavien valmiusjoukkojen materiaali. Joukko-osastojen materiaalin elinjakson aikaista kierrätystä palvelee pitkäaikaisvarastoinnissa olevalla materiaalilla. Materiaalin pitkäaikaisvarastointi on suurimmaksi osaksi puolustushaarojen materiaalilaitosten vastuulla ja osin myös kunnossapidon strategisen kumppanin Millog Oy:n vastuulla.

2.4. Maavoimien varastointisuunnitelman päivittäminen puolustusvoimien varastointisuunnitelmaksi

Varastoinnin kehittäminen toteutetaan puolustusvoimissa hyväksytyn varastointisuunnitelman mukaisesti. Maavoimien varastointisuunnitelman versiossa 2.0 määritetään yksityiskohtaisesti lyhyen aikavälin (< 4 vuotta) ja yleisellä tasolla pitkän aikavälin (> 4 vuotta) varastoinnissa toteutettavat toimenpiteet. Suunnitelmassa on hyväksytty siirtyminen keskitettyyn lajivarastointiin sekä toimintatapojen ja prosessien kehittäminen. Edellä mainituilla toimilla pyritään saamaan aikaan varastoinnin tehokkuutta sekä siirtämään varastointivastuuta joukko-osastoilta materiaalilaitoksille. [15]

Varastointitarpeiden määrittämiseksi kerätään tietoja kehittämisohjelmien, hankkeiden ja hankintojen kautta tulevasta materiaallisen suorituskyvyn kehittämisestä. Yhtä tärkeätä on poistuvan materiaalin tietojen kokoaminen. Varastointia ja siihen liittyvää valmiussuunnittelua ohjaavat asetetut operatiiviset vaatimukset. Operatiivisiksi vaatimuksiksi varastointiin liittyen on mm. asetettu aikavaatimuksia materiaalin hajauttamiseen sekä annettu varastointiohjeistusta ja -paikkoja kriittisen materiaalin sijoittamiseksi. [15]

Varastointisuunnitelman versiossa 2.0 on vuosien 2009 - 2012 painopisteeksi asetettu eräjähtävän materiaalin varastojen sisäkalusteiden ja tarvikkeiden kartoittaminen ja tarvittavien täydennyshankintojen toteuttaminen sekä puitesopimusten laatiminen [15]. Tutkijan havaintojen mukaan merkittävää kehittämistä ei ole kyetty toteuttamaan niukoista rahoitusresursseista johtuen.

Maavoimien varastointisuunnitelman version 2.0 päivityksen yhteydessä suunnitelman nimi muutettiin puolustusvoimien varastointisuunnitelmaksi. Puolustusvoimien varastointisuunnitelman version 3.0 tavoitteeksi on asetettu varastoinnin tavoitetilan vuoden 2025 kuvaaminen ja vuoden 2015 puolustusvoimauudistukseen liittyvien varastointijärjestelyjen toteuttaminen. Hankkeilla tulevat ja luovuttavat materiaalmäärät pyrittiin kartoittamaan, jotta olisi mahdollisuus määrittää varastoitavia materiaalmääriä sekä varastointiolosuhteiden mukaisia tilatarpeita. Suunnitelmaan on kirjattu varastoinnin kehittämisen vastuut puolustusvoimauudistukseen liittyen vuodesta 2015 alkaen. [22]

2.5. Varaston tilasuunnittelu

Varastojen tilasuunnittelu perustuu kokonaisuuteen, jossa on huomioitava varastoitava tuotevalikoima, varastointiteknologiat, varaston tontin koko ja muoto sekä tavaravirtauksen periaatte. Edellä mainitut tekijät vaikuttavat valittavan varastoprosessin suunnitteluun, rakennuksen muotoon ja varaston sisäisen järjestyksen muodostumiseen. Tilojen suunnittelussa huomioidaan sekä toimintaan että tekniikkaan liittyvät osa-alueet, kuten varastotyyppi, hyllystöt ja materiaalinkäsittelylaitteet. [9, s. 84–85]

Varastoitavat tuotteet vaikuttavat valittaviin hyllyratkaisuihin, käytäväleveyksiin ja sijoittelukorkeuksiin. Hyllystöjen päällekkäin sijoittelulla saadaan rajallinen varaston pohjapinta-ala hyödynnettyä maksimaalisesti. Ylempiin kerroksiin sijoitetaan kevyempää sekä hitaasti kiertävää materiaalia. Monikerrosvarastointi asettaa vaatimuksia tavaravirtojen ohjaukselle ja lisää työvaiheita verrattuna yksikerrosratkaisuun. Monikerrosvarastointi aiheuttaa usein myös tarvetta hankkia uusia materiaalinkäsittelylaitteita. [9, s. 86]

Nykyisten varastosuojien tilasuunnittelun osalta ei voida vaikuttaa kuin varaston sisäiseen suunnitteluun. Varaston sisäisten toimintojen uudelleen suunnittelemiseksi on kerättävä tarpeellinen tieto suunnittelijoiden käyttöön. Materiaalinkäsittelylaitteiden on mahdollista liikkumaan varaston käytävillä. Suunnittelussa on huomioitava materiaalinkäsittelylaitteiden nostokorkeus ja -kyky sekä niiden vaatimat huolto-, lataus- ja säilytystilat. [18, s. 8] Laitteistovalinnoissa on kiinnitettävä huomiota ajoväyliin, kaltevuuksiin, kynnyksiin ja riskeihin. Huomioitava on edelleen laitteiden varaosien ja huollon saatavuus sekä käyttäjien kannalta laitteiden käyttövarmuus ja -helppous ja ergonomiset tekijät. [9, s. 83]

Varastoinnin tilasuunnittelun lisäksi on huomioitava, että erilaiset materiaalit, niiden laatu, määrä ja käsittelytiheys vaativat erilaisten varastointitekniikoiden käyttämistä samassa varastossa. Varastossa tarvitaan tiloja materiaalin vastaanottoon ja tarkastamiseen, siirtämiseen varastopaikoille sekä pakkaamiseen, yhdistämiseen ja lähettämiseen liittyviin toimintoihin. [11, s. 379]

Valittavaan hyllystöratkaisuun vaikuttavat varastotila, tuotevalikoima, tuotteiden käsiteltävyys, materiaalin käsittelykalusto, tavaravirrat sekä olosuhteet. Hyllyjen osalta on huomioitava rakennemateriaalit, sijoittelut, käytettävyys, kuormitus, korkeudet, kantavuus ja muunneltavuus. Varaston valaistus ja lattian kantavuus ovat suunnittelussa mukana olevia elementtejä. [9, s. 84]

2.6. Varastojen jaottelu

Varastot voidaan valmistukseen liittyen luokitella kolmeen pääryhmään: raaka-aine-, puoli-valmiste- ja valmistevarastot. Raaka-ainevarastossa varastoidaan raaka-aineiden lisäksi tuotannossa tarvittavia materiaaleja, tarveaineita, osia sekä komponentteja. Puolivalmistevarastoissa varastoidaan keskeneräisiä töitä ja valmistevarastot käsittävät valmiiden asiakastoimituksia odottavien tuotteiden varastoinnin. [27, s. 82]

Toinen tyypillinen varastojen jaottelu teollisessa ympäristössä tehdään varastointiolosuhteiden mukaan. Varastointiolosuhteet voidaan jaotella karkeasti seuraavasti: ulkovarastointi, lämmittämättömät varastot, lämpimät varastot, kylmävarastot, pakastevarastot sekä erikoisvarastot. [11, s. 320–326]

Puolustusvoimissa varastointiolosuhteet on jaettu kahdeksaan luokkaan: ulkoilma, sateelta suojattu, lämmittämätön, kuivailma, lämmin, kylmä, pakkanen, tasalämmin ja erityisvaatimukset [20]. Tarkemmat kuvaukset puolustusvoimien varastointiolosuhteiden vaatimusten kuvauksista ja niitä vastaavista varastorakennuksista on esitetty liitteessä 2. Alla on kuvattu tärkeimmät puolustusvoimien käytössä olevat varastomuodot sekä niiden vahvuuksia ja heikkouksia.

Ulkoilmavarastointi on varastointitavoista kaikista halvin vaihtoehto. Materiaalia voidaan varastoida avoimella kentällä tai katosten alla. Ilmassa oleva kosteus ja lämpötilan vaihtelusta aiheutuva kondensio pilaavat muun muassa sähkölaitteita ja syövyttävät teräsrakenteita, vaikka materiaali olisi suojattuna suoranaista vesi- tai lumisadetta vastaan katoksissa tai suojapeitteiden alla. Ulkovarastointiin soveltuvat tuotteet tulisi kustannussyistä varastoida aina ulkona. [11, s. 320]

Lämmittämättömien varastojen etuina ovat alhaiset rakentamis- ja käyttökustannukset. Lämmittämättömien varastojen osalta usein unohdetaan, että vaikka materiaalit ovat hyvässä suojassa, ovat ne kuitenkin alttiina ilmankosteuden vaikutuksille. Suomessa ilman kosteuden vuosikeskiarvo on noin 80 %. Lämmittämättömissä ja ilman ilmankuivainta olevissa varastoissa metallit ruostuvat, kartonkipakkaukset pehmenevät ja materiaalin pintoihin voi kasvaa hometta. Teräsosien ruostuminen alkaa, kun ilman suhteellinen kosteus ylittää 50 %. Lämmittämättömien varastojen kondenssiveden muodostumista voidaan hallita varustamalla varasto ilmankuivaimella. Varastoa kutsutaan tällöin kuivailmavarastoksi. Rakentamis- ja ylläpito-kustannuksia vertaillen kuivailmavarastot ovat edullisempia kuin lämmitettävät varastot. Ilmankuivaus toimii kaikissa ulkoilman lämpötiloissa ja ilmankuivausprosessi on jäätymätön. [11, s. 322–324]

Lämpimissä varastoissa varastoidaan materiaalia, jotka eivät kestä alhaisia lämpötiloja tai joita työskentelyolosuhteiden vuoksi tulee käsitellä lämpimissä tiloissa. Lämpimän varaston lämpötilaksi riittää talviaikoina 6 - 10 astetta korkeampi lämpötila kuin ulkona, jolloin kosteus ei aiheuta ongelmia materiaalin säilyvyydelle. Fyysisen varastotyön tekemiselle suotuisa lämpimän varaston lämpötila olisi pyrittävä pitämään 12 - 16 asteen välillä. Lämpimän varaston rakentaminen ja ylläpito on kallista. Talvipakkasten aikana lämpimän varaston kosteus voi pudota jopa alle 10 %:n. Mikäli varastoitaville materiaaleille on asetettu minimikosteusvaatimus, on tämä otettava huomioon lämpimien varastojen osalta. [11, s. 325]

Tasalämpimässä varastossa lämpötilan vaihtelu on vähäistä ja kosteutta hallitaan ilman-kuivaimilla. Luolavarastoissa lämpötilan vaihtelu on vähäistä vuoden ajoista riippumatta. Luolavarastojen rakentaminen on kallista, mutta ylläpito edullista, koska tiloja ei tarvitse lämmittää. [20]

2.7. Varastoinnin nykytila

Varastoinnin ohjauksen ja kehittämisen kannalta on tärkeää tietää varastoinnin nykytilanne. Tähän sisältyy muun muassa seuraavien tietojen koostaminen yhdeksi tietokannaksi tilannekuvan kokoamiseksi:

- lukumäärä
- paikkakunta
- varastoitu materiaali
- pinta-ala
- kuutiotilavuus
- varastointiolosuhte
- käyttötarkoitus
- varastointikapasiteetti käyttötarkoituksen mukaan
- varastointikapasiteetin jakautuminen lattialle tai hyllyille
- täyttöasteet
- vapaa kapasiteetti
- kustannustiedot (pääoma- ja ylläpitokustannukset). [33]

Yllä luetellut tiedot pitäisi saada reaaliaikaisesti raportteina puolustusvoimien toiminnanohjausjärjestelmästä (PVSAP), jotta varastoinnin ohjausta voitaisiin suunnitella valtakunnallisesti. Puolustusvoimien varastointisuunnitelman versioon 3.0 varastoinnin nykytilanne on jouduttu kokoamaan manuaalisesti. Tilannekuva laadittiin Maavoimien materiaalilaitoksen esikunnan kyselyllä varastoille joukko-osastoille ja hallintoyksiköille. [33]

Puolustusvoimien varastointisuunnitelman version 3.0 luonnoksen liitteenä on Huoltorykmenteiltä ja Merivoimien sekä Ilmavoimien esikunnilta saatujen vastausten perusteella koottu varastointilannekuva. Puolustusvoimien varastointisuunnitelma liitteineen on turvaluokiteltu salaiseksi, joten tässä tutkimuksessa voidaan esittää ainoastaan rajoitetusti tietoja laaditusta tilannekuvasta. Tilannekuvan mukaan puolustusvoimissa on käytössä 1 105 kpl kylmän materiaalin varastoa. Lisäksi on vielä katoksia ja ulkovarastointialueita, joiden määriä ei ole laskettu edellä mainittuun lukuun. Varastojen yhteenlaskettu pinta-ala on 638 000 m² ja kuutiotilavuus 2 537 000 m³. Varastointikapasiteetti kuormalavojen varastointiin hyllyissä on 98 500 kpl ja lattioilla 387 800 kpl. Varastoinnin tilahallinnan vuotuiset kokonaiskustannukset ovat noin 22,0 MEUR jakautuen pääomavuokriin 12,1 MEUR ja ylläpitovuokriin 9,9 MEUR. [22]

Tilannekuvan perusteella suurin tarve varastointikapasiteetille on olosuhteiltaan lämpimän ja kuivailma varastointikapasiteetin lisääminen erityisesti kuormalavoilla olevalle materiaalille sekä kuljetusvälinemateriaalille, kuten järjestelmäajoneuvoille.

2.8. Varastoinnin kustannukset

Yrityksissä varastoinnin ja varastointiin sitoutuvan pääoman kustannusten osuus on noin puolet kokonaislogistiikkakustannuksista. Varastoinnin kehittämisellä voidaan parantaa organisaation kustannustehokkuutta huomattavasti. Yrityksien osalta varaston kustannuselementeistä yli puolet aiheutuu henkilöstökustannuksista muiden kustannusten jakautuessa rakennuksen, tontin, koneiden, laitteiden ja kalusteiden sekä IT-laitteiden ja -ohjelmistojen kesken unohtamatta varastojen vaatimia ylläpidollisia kustannuksia (siivous, lämmitys, vakuutukset). [9, s. 91]

Varastoinnin katsotaan aiheuttavan niin liiketaloudellisesti kuin kansantaloudellisesti merkittäviä kustannuksia. Kustannusten näkökulmasta on tärkeää tarkastella varastointitapoja ja käytettäviä teknologioita. [11, s. 302] Puolustusvoimien varastoinnissa merkittävin kustannuserä muodostuu tilahallinnan kustannuksista jakautuen pääoma- ja ylläpitokustannuksiin sekä maapohjan vuokriin. Materiaalin kiertonopeus varastoissa on erittäin hidas, joten käsittelykustannuksia muodostuu vähän.

Yleisesti käsittelykustannukset voidaan jakaa karkeasti kahteen käsittelyprosessiin. Ensimmäinen muodostuu materiaalin vastaanotosta, tarkastamisesta, lajittelusta, merkitsemisestä ja tavaroiden siirrosta varastopaikoille. Toisen muodostaa keräily, pakkaaminen, lähetyksen valmistelu ja lähetys. Käsittelykustannukset ovat pääasiassa käsittelyhenkilöstön ja heidän esimiestensä palkkakustannuksia sivukuluineen. Pienempi osa kustannuksista muodostuu materiaalinkäsittelykoneiden koroista, poistoista, huolloista ja pakkausmateriaalin käytöstä. [27, s. 70]

2.9. Varastoinnin mittarit ja tunnusluvut

Mittareiden ja tunnuslukujen on tarkoitus antaa kattava ja objektiivinen kuva logistiikan tilasta ja logistisesta tehokkuudesta. Mitta-arvoja voidaan käyttää eri toimipisteiden välisessä vertailussa tai vertailtaessa muihin toimialalla toimiviin organisaatioihin. [12, s. 170]

Logistiikan eräs keskeinen tavoite on tehokkuus, jonka arvioimisessa tulee aina huomioida määrä- ja aikamittareiden lisäksi kustannukset ja laatu. Valittavien mittareiden tulee olla rinnakkaisia, jotta johdolle saadaan riittävän selkeät ja kuvaavat tiedot päätöksenteon tueksi. Logistiikassa tehokkuutta pyritään saavuttamaan uusia toimintatapoja luomalla tai tehostamalla jo olemassa olevia toimintamalleja. Oikein valitut mittarit auttavat löytämään ongelmakohdat sekä osoittamaan valittujen korjaustoimenpiteiden vaikutuksia. [12, s. 169–170]

Varastoinnin mittareita, tunnuslukuja ja laskentatapoja on esitetty lukuisia eri lähteissä. Karus on esittänyt keskeiset yritys- tai varastotason tunnusluvut taulukon 1 mukaisesti.

Taulukko 1: Varastoinnin tunnuslukuja [12, s. 176]

TUNNUSLUKU / MITTARI	LASKENTAKAAVA
Varaston kierto nopeus	$\frac{\text{vuosimyynti}}{\text{keskivarasto}}$
Nimikkeen kierto nopeus	$\frac{\text{nimikkeen vuosimyynti}}{\text{nimikkeen keskivarasto}}$
Valmisteveraston kierto nopeus	$\frac{\text{vuoden valmistuksen arvo}}{\text{keskivarastojen arvo}}$
Varaston kierto aika	$\frac{\text{keskivarasto} * 365}{\text{vuosimyynti varastosta}}$
Pääoman tuotto	$\text{myyntikateprosentti} * \text{varaston kierto}$

Varaston kiertonopeus on puolustusvoimissa alhainen perustuen materiaalin varmuusvarastointiin. Joukko-osastoilla olevilla varastoilla varaston kiertonopeus perustuu joukkotuotannossa tarvittavan materiaalin kiertoon. Taulukossa 1 esitetyt tunnusluvut eivät sovellu kovinkaan hyvin puolustusvoimien varastoinnin tehokkuuden mittaamiseen.

DI Jere Ranta on diplomityössään esitellyt DI Mika Karppisen laatimat puolustusvoimien logistiikan keskeiset mittarit ja tunnusluvut, joista varastointiin liittyvät on esitetty taulukossa 2.

Taulukko 2: Varastointiin liittyvät logistiikkaprosessiin tunnusluvut [24, s. 30]

MITTARIN KOHDE	MITTAUSTAPA
Varastojen käyttöaste	Tilankäytön seuranta
Varastotapahtumien määrä	Tapahtumien seuranta
Varastojen määräystenmukaisuus	Tarkastukset
Materiaalin sijainnen oikeellisuus	Tarkastukset ja raportit
Materiaalin kunto ja säilyvyys	Tarkastukset ja raportit
Vaihto-omaisuuden arvo	Vaihto-omaisuuden arvo
Varastoinnin kustannukset	Varastointikustannukset eriteltynä (esim. €/lava/kk)
Varastotasot	Tavaramäärän seuranta
Varaston kiertonopeudet ja pysähdysaika	Ajan seuranta
Materiaalitalannekuva	Tarkastukset
Varastokapasiteetin käytön tehokkuus	Tilan käytön seuranta, käyttöaste (esim. % / m ³)
Materiaalin säilytysolosuhteiden varmistaminen	Olosuhdeseuranta, materiaalin varastoinnin olosuhdevaatimusten toteutuminen

Varastointikapasiteetin käytön mittaamiseen tutkimuksessa soveltuvat taulukossa 2 esitetyistä mittareista käyttöaste, varastoinnin kustannukset (€/lava), varastotasot sekä tilankäytön seuranta. Varastoinnin tilannekuvan perusteella voidaan laskea mittareiden avulla varastoinnin tunnuslukuja. Tilankäytön seurannassa on tehokasta mitata myös kuormalavojen määrää varaston pinta-alaa kohden (lavaa/m²). Tällöin tulee huomioitua käytävät ja tarvittavat materiaalinkäsittelykoneiden säilytys- ja huoltotilat.

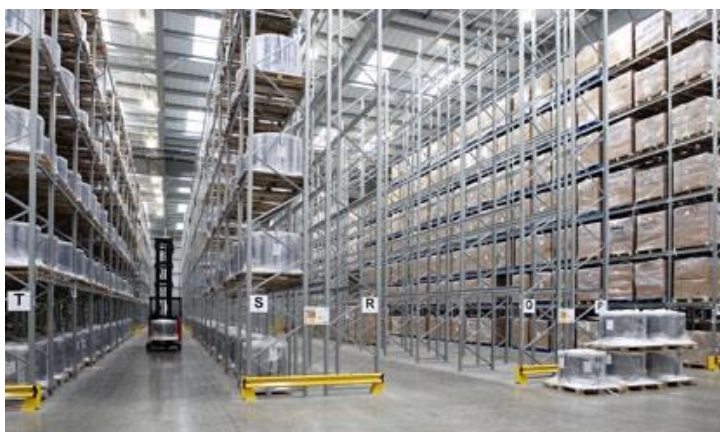
3. VARASTOINTITEKNOLOGIAT JA KÄSITTELYLAITTEET

Luvussa 3 esitellään markkinoilla olevia ratkaisuja, jotka soveltuvat työn rajauksessa esitettyjen kuormalavojen varastointiin. Tutkimuksessa on aikaisemmin luvussa 2.5 esitetty varaston tilasuunnitteluun ja laitteistojen valintaan vaikuttavia tekijöitä, jotka on huomioitava varastointiteknologioita valittaessa. Investointikustannuksiltaan halvin ratkaisu ei välttämättä ole tehokkain ratkaisu varastointitilan optimaalisessa hyödyntämisessä.

Lattiavarastointi on tehokkain varastointimenetelmä, kun lavoja voidaan varastoida päällekkäin lähes varaston vapaan sisäkorkeuden verran. Tällöin lavojen paino, muoto ja kestävyys on huomioitava. Lattiavarastointi sopii erityisesti lajivarastointiin silloin, kun samaa nimikettä on kymmeniä lavoja, eikä yksittäistä lavaa ole tarpeen saada käsiteltäväksi (LIFO, last in - first out -periaate). Usein lattiavarastoinnissa joudutaan varastoimaan eri nimikkeitä sisältäviä kuormalavoja päällekkäin, jotta tilankäyttö on mahdollisimman tehokasta.

3.1. Perinteinen kuormalavahylly

Perinteisessä kuormalavahyllyssä on yksi, kaksi tai kolme kuormalavapaikkaa yhdessä hyllyvälissä. Kuormalavapaikkojen määrän määrittelee lavan leveys sekä kuormalavahyllyn vaakapalkin leveys. Ensimmäinen kerros varastoidaan suoraan lattian päälle. Ylemmät kerrokset varastoidaan hyllyille kahden vaakapalkin varaan. Kuormalavojen väliin sekä kuormalavojen yläpinnan ja vaakapalkin väliin on varattava 10 - 15 cm:n vapaa tila lavojen koneellisen käsittelyn mahdollistamiseksi. Tyypillisesti hyllykorkeudet vaihtelevat manuaalisesti ohjatuilla kuormankäsittelylaitteilla 4 - 6 kuormalavan hyllykorkeuteen. Automaattisilla järjestelmillä hyllykorkeudet voivat olla huomattavasti korkeampia. [18, s. 174] Kuvassa 1 on esimerkki perinteisestä kuormalavahyllyjärjestelmästä.



Kuva 1: Kasten perinteinen kuormalavahyllystö [2]

Varaston rakentamiskustannusten vuoksi on edullisempaa rakentaa enemmän korkeutta kuin lisätä varaston pinta-alaa. Varaston korkeuden kasvaessa myös kuormalavahyllyjen välisiin käytäviin menetetty tilavuus kasvaa. Kuormalavahyllyjen välisten käytävien pienentämisellä voidaan vastaavasti lisätä varastointipinta-alaa. Terminä käytetään tällöin kapeakäytävävarastoa, joka vaatii hyllyjen välissä työskentelyyn kapeakäytävätrukin. Kapeakäytävätrukki kykenee työskentelemään 1,2 - 1,45 metrin levyisissä hyllyväleissä aina 12 metrin hyllykorkeuksiin saakka. [11, s. 349]

Perinteisellä kuormalavahyllyjärjestelmällä yhdistettynä kapeakäytäväratkaisuun saadaan huomattavasti lisää varastointikapasiteettia. Etuina ovat jokaisen lavapaikan saavutettavuus, hyvä tilatehokkuus sekä hyvä varaston kierron hallittavuus. [1] Kuvassa 2 on periaatekuva kapeakäytävähyllystä manuaalisesti ohjattavalla kapeakäytävätrukilla varustettuna.



Kuva 2: Kasten kapeakäytävähyllystö [1]

3.2. Korkeavarasto

Korkeavarastojen toiminta voi perustua kapeakäytävätrukkien käyttöön, kun hyllykorkeus on maksimissaan 12 metriä. Hissejä käyttämällä työskentelyn maksimikorkeus nousee aina 45 metriin saakka. Yleisimmät korkeavarastojen korkeudet vaihtelevat 20 - 25 metrin välillä. Korkeavarastossa hyllystöt muodostavat rakennuksen kantavan rakenteen. Korkeavarastot soveltuvat sekä kuormalava- että pientavaravarastoiksi. Korkeavaraston käytävälevytenä käytetään 1,2 metriä mahdollistaen sekä FIN- että EUR-lavojen lyhytsivukäsittelyn. Hissien toiminta voi olla joko manuaalisesti ohjattua tai täysin automaattista. Manuaalinen käsittely mahdollistaa keräilyn suoraan varastosta. Jokaisessa hyllyväleissä ei tarvita omaa hissiä, vaan hissi voidaan siirtää ”solanvaihtovaunun” avulla hyllyvälistä toiseen. Näin voidaan pienentää hissien investoinnista johtuvia kuluja. [11, s. 325–327] Kuvassa 3 on esimerkki korkeavarastosta.



Kuva 3: Kasten korkeavarasto [1]

Tutkimuksiin perustuen on havaittu, että sisäänvienti- ja ulostuontikohdan on oltava samassa päässä, jotta hissin tyhjääjoa voidaan vähentää. Korkeavaraston hyllystön pituuden ja korkeuden suhteeseen vaikuttavat hissin liikenopeudet vaaka- ja pystysuunnissa. Varastoitavien kuormalavojen kunnon ja mittojen tarkistus ennen automaattivarastoon siirtoa on tärkeää, koska hissi pyrkii sijoittamaan lavan automaattisesti valitulle lavapaikalle. Tarkistus voidaan automatisoida rakentamalla saapuvan tavaran kuljettimelle tarkistusasema, joka ohjaa vaatimukset täyttämättömät lavat pois kuljettimelta automaattisesti. [11, s. 359–360]

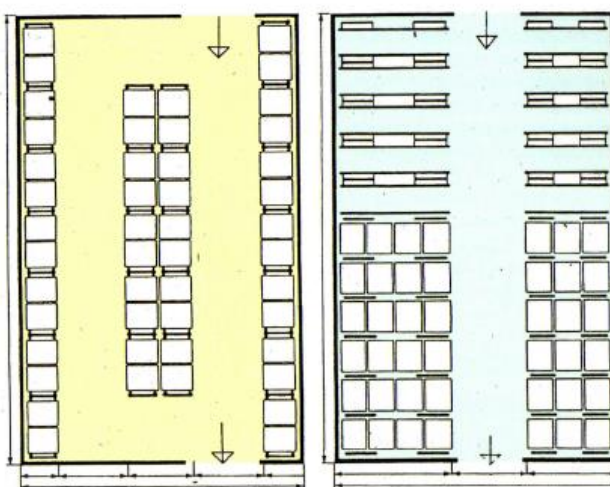
3.3. Syväkuormaushylly

Käytäviin kuluvaan lattiapinta-alan määrä voi olla jopa 50 % kuormalavavaraston kokonaispinta-alasta. Syväkuormaushyllystöllä voidaan vähentää käytäviin kuluva lattiapinta-alaa ja tiivistää varastointia. Hyllystöratkaisussa lavakuormat pinotaan käytävää vasten kohtisuoriin pinoihin rinnakkaisiksi jonoiksi, kuten kuvan 4 syväkuormaushylly osoittaa. Syväkuormaushyllystöissä lavoja käsitellään pitkäsvukäsittelynä (leveys 1 200 mm), jotta trukit mahduttavat kulkemaan hyllyseinämien välissä. [11, s. 360–361]



Kuva 4: Kasten syväkuormaushylly [3]

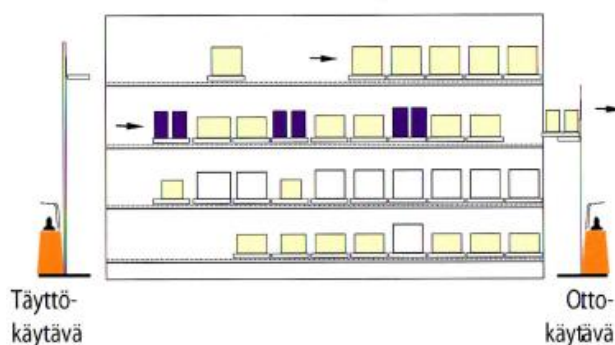
Kuvassa 5 on vertailtu perinteisen ja syväkuormaushyllystön lavapaikkojen määrää lattiapaikat laskemalla. Syväkuormauksessa lattiapaikkoja on 77 kpl, kun perinteisessä kuormalavavarastossa paikkoja on ainoastaan 48 kpl. Syväkuormaushyllystön jonosta voidaan ottaa vain ensimmäinen lavakuorma (last in - first out), joten hyllystö soveltuu parhaiten lajivarastointiin, jossa yksi hyllyväli täytetään saman nimikkeen tuotteilla. Hyllystövälit ovat ääritapauksessa joko tyhjiä tai täysiä. Yleensä syväkuormaushyllystöissä täyttöaste on n. 50 % luokkaa ja täyttöastetta voidaan parantaa rajoittamalla syväkuormauspaikat 2 -3 lavan syvyisiksi. Kuvan 5 esimerkissä on 50 % täyttöasteella $77/2 = 38$ lavaa, joten perinteinen kuormalavahyllystö olisi tällöin tehokkaampi 48 lavapaikalla. Varaston tiivistäminen syväkuormaustekniikalla jää siten usein teoreettiselle tasolle. [11, s. 363]



Kuva 5: Tavanomaisen kuormalavavaraston ja syväkuormauksen layout [11, s. 362]

3.4. FIFO-periaatteella toimiva hyllyjärjestelmä (läpivirtaushylly)

FIFO-nimitys läpivirtaushyllylle tulee englanninkielisistä sanoista First in - First out. Tällä tarkoitetaan sitä, että ensimmäiseksi hyllystöön laitettu kuormalava otetaan hyllystön vastakkaiselta puolelta ottokäytävältä pois. Läpivirtaushyllystö on erittäin tehokas tapa tiivistää varastointia. Hyllyjärjestelmä muodostuu kanavista tai tunneleista, joiden pohja on varustettu kiekko- tai rullaradoilla. Kuormalavat liikkuvat painovoiman avulla kallistetun hyllystön syötökäytävältä joko kanavan päähän tai jo siinä olevan jonon viimeiseen lavakuormaan asti. Hyllystö soveltuu suurten tavaramäärien varastointiin silloin, kun nimikkeitä on vähän. [11, s. 364] Kuvassa 6 on esitetty läpivirtaushyllystön toimintaperiaate.



Kuva 6: Läpivirtaushyllyn (FIFO) toimintaperiaate [11, s. 364]

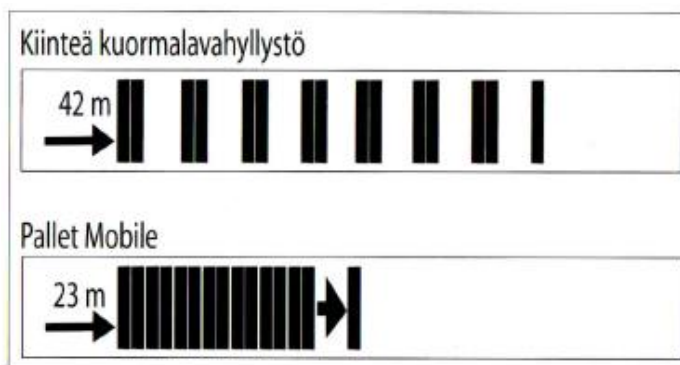
Läpivirtaushyllyn täyttöön ja purkamiseen soveltuvat tavanomaiset vastapainotrukit. Hyllystö voidaan suunnitella 3 - 20 kuormalavan levyiseksi. Leveissä hyllystöissä käytetään jarrumekanismeja sekä lavaerottimia kuormalavojen pysäyttämiseen halutulle kohdalle. Läpivirtaushyllyn etuina ovat hyvä varastotiheys ja vain kahden käytävän käyttö. [18, s. 181] Läpivirtaushyllyllä voidaan saavuttaa jopa 60 % suurempi varastointikapasiteetti perinteiseen kuormalavahyllystöön verrattuna [4]. Lavojen tavoitettavuus on läpivirtaushyllyssä huomattavasti perinteiseen kuormalavahyllystöön verrattuna. Mikäli täyttöaste halutaan pitää korkeana, joudutaan kuormalavoja poistamaan hyllystä halutun kuormalavan tavoittamiseksi.

3.5. Liikkuvat hyllyt

Liikkuvat hyllyt ovat samanlaisia kuin perinteiset kuormalavahyllyt sillä poikkeuksella, että niillä saavutetaan hyvä varastointikapasiteetti. Hyllyt liikkuvat pakettina lattiaan upotettujen kiskojen päällä tiiviisti toinen toistaan vasten ja käytössä on vain yksi käytävä lavojen siirtoon. Hyllyt ovat yleensä neljästä viiteen lavaan korkeita ja yhden lavan syvyisiä. [18, s. 180]

Varaston jakaminen hyllypaketteihin määrittää sen mukaan, kuinka monesta hyllyvälistä on samanaikaisesti tarpeen saada noudettua kuormalavoja. Mikäli hyllypaketit ovat suuria, muodostuu helposti odotusaikoja hyllyjen siirtämisen johdosta. Liikkuvat hyllyt soveltuvat nimikkeistöltään suurien tuotevalikoimien varastointiin. [11, s. 365–366] Kuvassa 7 on esitetty liikkuvien hyllyjen tilansäästö perinteiseen kuormalavahyllystöön verrattuna.

Liikkuvilla hyllyillä voidaan saavuttaa jopa 80 % suurempi varastointikapasiteetti perinteiseen kuormalavahyllystöön verrattuna. Etuina ovat lavojen tavoitettavuus sekä tavanomaisten materiaalinkäsittelykoneiden käyttö. [6]



Kuva 7: Liikkuvan hyllystön (pallet mobile) antama tilansäästö [11, s. 366]

3.6. Push back -hyllystö

Push back -hyllystön rakenne ja toimintaperiaate on samanlainen kuin läpivirtaushyllystöllä paitsi, että siinä on käytössä vain yksi käytävä, jolta hyllyjä täytetään ja puretaan. Hyllystö on sijoitettuna yleensä seinää vasten. Hyllystöön sijoitettu kuormalava siirtyy eteenpäin, kun trukilla työnnetään uusi lava ”kanavaan”. Kuormalavan poisottaminen vastaavasti siirtää hyllyssä olevia kuormalavoja painovoiman avulla käytävän puoleiselle reunalle. Hyllystön syvyys vaihtelee kolmesta neljään kuormalavaan ja korkeus aina neljään kuormalavaan saakka. [18, s. 181–182] Kasten Oy esitteen mukaan hyllystön syvyys voidaan kasvattaa aina 10 lava-paikkaan saakka [5]. Kuvassa 8 on esitetty push back -hyllystö.

Push back -hyllystö soveltuu suurten määrien varastointiin pienellä alueella, ja kuormalavat ovat varastoitavissa FILO-periaatteen mukaisesti (first in - last out). Perinteiseen kuormalavahyllystöön verrattuna voidaan saavuttaa jopa 75 % tehokkaampi tilankäyttö. [5] Push back -hyllystössä lavojen tavoitettavuus on parempi kuin syväkuormaushyllystössä, mutta heikompi kuin perinteisessä kuormalavahyllystössä. Mikäli samassa kanavassa on useampaa kuin yhtä nimikettä, joudutaan lavoja purkamaan kanavasta halutun lavan tavoittamiseksi.



Kuva 8: Kasten push back -hyllystö [5]

3.7. Kuormalavojen käsittelylaitteet

Hyllyratkaisut edellyttävät niille soveltuvia kuormalavojen käsittelylaitteita, jotka eroavat huomattavasti teknisiltä ominaisuuksiltaan ja hinnoiltaan. Lattiatasolla ja kuormauslaitureilla suoritettavaan kuormalavojen käsittelyyn soveltuvat haarukkavaunut eli ”roclat”. Haarukkavaunuilla lavoja voidaan nostaa lattiatasosta noin 10 - 20 cm. Haarukkavaunut ovat joko käsi- tai akkukäyttöisiä. [11, s. 328] Lavojen nostamiseksi useampaan kerrokseen tarvitaan pinoamisvaunuja tai trukkeja. Näistä esitellään seuraavana yleisimmät tyypit.

Pinoamisvaunu

Pinoamisvaunut soveltuvat kuormalavojen siirtämiseen sekä hyllyihin nostamiseen. Pinoamisvaunuja on käsi- ja akkukäyttöisiä. Pinoamisvaunuilla työskentely on yleensä hidasta ja raskasta, joten niiden käyttö rajoittuu pääsääntöisesti välivarastoihin. Pinoamisvaunujen etuna voidaan mainita edullinen hankintahinta, joka on noin 15 - 20 % vastapainotrukin hinnasta sekä mahdollisuus tilankäytön tehostamiseen korkeutta hyödyntämällä. [11, s. 328]

Vastapainotrukki

Vastapainotrukeissa painopiste on trukin takaosassa, jolloin ne ovat kuormattunakin hyvin vakaita käsitellä. Vastapainotrukkia voidaan verrata vaakaan, trukin raskas takapää muodostaa koneen käsittelemälle massalle vastapainon. Kuorman kantamistavan vuoksi trukista tulee rakenteeltaan melko pitkä, mikä kasvattaa kuormalavahyllyjen hyllyvälejä. Minimissään vastapainotrukin vaatima käytäväleveys on noin 3,5 metriä. Vastapainotrukit on varustettu suurikokoisilla kumipyörillä, jolloin ne kykenevät liikkumaan sisätiloissa sekä ulkona pihalla ja ulkovalvastoalueilla. Vastapainotrukit ovat nopeita ja ketteriä, koska ohjaavat pyörät sijaitsevat takana. Käyttöenergiana voidaan käyttää bensiiniä, dieselöljyä, kaasua, tai sähköä. [11, s. 329–330] Kuvassa 9 on sähkökäyttöinen vastapainotrukki varustettuna turvakatoksella.



Kuva 9: Sähkökäyttöinen 4-pyöräinen vastapainotrukki [25]

Tukipyörätrukki

Kuvan 10 mukaisesti tukipyörätrukeissa on tukivarret, joiden päissä ovat etupyörät. Kuorman painopiste sijoittuu siten aina takapyörien ja etupyörien väliin. Ohjaamo ja voimalaitteet suunnitellaan siten, että koneesta saadaan mahdollisimman lyhyt, ja että koneen vaatima käytäväleveys hyllyvälissä on vain noin 2 - 2,5 metriä. Tukivarsien mitoitus mahdollistaa tukivarsien mahtumisen kuormalavan alle, minkä vuoksi vain lavojen lyhytsivukäsittely on mahdollista lavojen hyllyttämisessä. Lattiatasolla olevien kuormalavojen on oltava kohtisuorassa käytävää vasten sekä pystysuorassa suunnassa lavapinon kohdalla, jotta ylempänä olevia lavoja on mahdollista käsitellä. Tukipyörätrukkien käyttö rajoittuu vain sisävarastoihin johtuen pienistä ja ilman jousitusta olevista pyöristä. [11, s. 333]



Kuva 10: Seisten ajettava tukipyörätrukki [11, s. 333]

Työntömastotrukki

Työntömastotrukit on kehitetty vastapainotrukkien vaatiman suuren käytäväleveyden ja tukipyörätrukkien tukivarsien aiheuttamien ongelmien vuoksi. Työntömastotrukissa on eteen työntyvä masto ja etupyörät sijaitsevat lyhyiden tukivarsien päissä, kuva 11. Työntömastotrukki toimii vastapainotrukin tavoin lavaa otettaessa tai jätettäessä ja kuorman painopisteen sijaitessa etupyörien tasolla. Kuormaa siirrettäessä painopiste on etu- ja takapyörien välissä vastaten tukipyörätrukin käyttäytymistä. Pienten pyörien vuoksi työntömastotrukkia voidaan käyttää pääasiassa sisäkäytössä ja rajoitetusti päällystetyillä ulkoalueilla kesäaikana. Trukkien leveys vaihtelee siten, että tukijalkojen väliin mahtuu joko EUR-lava tai EUR- ja FIN-lava. [11, s. 334–335]



Kuva 11: Työntömastotrukki [11, s. 335]

Kapeakäytävätrukki

Kapeakäytävätrukkeja on toiminnaltaan kahdenlaisia. Ensimmäisessä tyypissä kuljettaja istuu lattiatasolla olevassa ohjaamossa. Kuljettajan stereonäkökyky loppuu noin 4,5 metrin korkeudessa, joten tämän korkeuden ylitse työskentelyyn kapeakäytävätrukkit on varustettu varastokorkeuden valinnalla sekä kelkkaan sijoitetulla kameralla, jonka kuvaa kuljettaja seuraa ohjaamon monitorista. Toisen ryhmän muodostavat kuvan 12 mukaiset kapeakäytävätrukkit, joissa ohjaamo nousee samalle korkeudelle, jolla tavaraa käsitellään. [11, s. 350–351]

Kapeakäytävätrukkien kelkat ovat yleensä varustettu teleskoopeilla, jotka mahdollistavat lavojen laittamisen ja ottamisen hyllypaikoista molemmille sivustoille. Osa trukkimalleista vaatii lavanjättötelineen, koska teleskooppi ei mahdu lattialla olevan kuormalavan alle. Kääntötyöntöhaarukalla varustettu kapeakäytävätrukki pystyy käsittelemään myös lattiatasolla olevia kuormalavoja. Kääntötyöntöhaarukalla varustetun trukin tarvitsema käytäväleveys on yleensä noin 1 450 mm. Kapeakäytävätrukkit ovat työntömastotrukkeja kookkaampia pituuden ja korkeuden suhteen vaatien hyllyvälien ulkopuolella runsaasti liikennetilaa. Kapeakäytävätrukkit ovat hinnaltaan kallein kuormalavojen käsittelyyn soveltuva trukkimalli. [11, s. 351–352]



Kuva 12: Kapeakäytävätrukki nousevalla ohjaamalla [32]

3.8. Automaattivarastot

Automaattivarastoissa suurin osa materiaalinkäsittelystä toteutetaan automaation avulla. Automaattivarastoissa yhdistellään eri varastointitapoja automaattisilla kuljetinjärjestelmillä toisiinsa. Kuljetinjärjestelminä käytetään kuljettimia, hissejä sekä siirtovaunuja. Kuljetinjärjestelmät voidaan kiinnittää joko lattioille tai kattoihin. Automaattivarastossa siirtovaunut on aikaisemmin sijoitettu lattialla olevien siirtoketjujen mukaisesti, joten reittimuutosten tekeminen oli vaikeaa. Nykyisin on käytössä vihivaunuja, jotka kulkevat tietojärjestelmän avulla. Kulkureittejä voidaan helposti ohjelmoida uudelleen. Vihivaunujen ohjaus toteutetaan nykyisin laser -järjestelmällä, kun ohjaus aikaisemmin toteutettiin lattiaan upotettujen kaapelien avulla. [11, s. 369–371]

Automaattivarastolle on tyypillistä tietojärjestelmien kehittyneisyys sekä automaatiosta johtuva kallis varaston perustamisen investointikulu [8, s. 25]. Automaattivarastoon saapuvan tavaran laadun, määrän, kunnon ja lavojen soveltuvuuden tarkastaminen joudutaan suorittamaan manuaalisesti. Kuormalavat siirretään tarkastuksen jälkeen automaattivaraston siirtokuljettimelle. [11, s. 372] Kuvassa 13 on automaattivarasto, jossa on yhdistetty kuormalavahyllyt, rullakuljettimet ja hissi yhdeksi kokonaisuudeksi.



Kuva 13: Automaattivarasto [16]

4. TUTKIMUKSESSA TARKASTELTAVIEN ESIMERKKIVARASTOJEN NYKYTILAN KUVAUS

Tutkimuksen kohteeksi valittiin kaksi esimerkkivarastoa, joista käytetään tutkimuksessa jatkossa nimityksiä varasto 1 ja varasto 2. Varasto 1 on liitteessä 2 esitetyn puolustusvoimien varastojen jaottelun mukaan lämminvarasto ja varasto 2 on kuivailmavarasto. Varastojen layout, kuormalavojen varastointikapasiteetit sekä käytössä olevien materiaalinkäsittelykoneiden tiedot selvitettiin liitteen 1 mukaisella kyselyllä varastojille.

4.1. Pohjapiirrokset, hyllyjärjestelmät ja materiaalinkäsittelylaitteet

Varastojen 1 ja 2 pohjapiirrokset on esitetty liitteessä 3. Varastoissa on huomioitu kuormalavahyllyjen lisäksi materiaalinkäsittelyn tarvitsema lattiapinta-ala vastaanottoon, lähettämiseen, pakkaamiseen sekä materiaalinkäsittelylaitteiden säilyttämiseen. Tarvittaessa lattiapinta-alaa ja hyllykäytäviä voidaan käyttää kuormalavojen varastointiin, mikäli hyllypaikat ovat täynnä tai kuormalavat on valmisteltu lähetettäväksi.

Molemmissa varastoissa on kuvan 14 periaatteen mukaisesti hyödynnetty käytävien ylitykset lisäämällä niihin kuormalavapaikkoja. Varastojen kuormalavahyllyjen käytäväleveydet perustuvat käytössä olevien kuormankäsittelylaitteiden vaatimiin kääntösäteisiin lavojen hyllyttämiseksi. Varastossa 1 ovat käytössä työntömastotrukit ja varastossa 2 tukipyörätrukit, joiden vuoksi alimmaisat kuormalavat ovat kuvan 15 mukaisesti hyllyissä vaakapalkkien päällä jättäen lattian vapaaksi hyllyn alla tukipyörätruikin varsille. Varastossa 2 on rakennuksen pitkitäissuuntainen tukipalkki, jonka kohdalla hyllykorkeus on pienempi vieden lavapaikkoja, kuva 15.



Kuva 14: Käytävän ylityksessä olevat kuormalavapaikat [13]



Kuva 15: Varasto 2:n alimmainen lavakerros sekä pitkittäispalkin vaikutus hyllytykseen [19]

4.2. Varastointikapasiteetit ja tunnusluvut

Varastojen kuormalavojen varastointikapasiteetit on laskettu todellisten lavapaikkojen mukaisesti varastoilta saatujen vastausten perusteella. Liitteen 3 layout kuvissa lavapaikkojen jakautuminen varastoissa on esitetty hyllyväleittäin. Taulukossa 3 on esitetty varastojen nykyiset kapasiteetit sekä lasketut tunnusluvut. Varaston 1 tilakustannus on huomattavasti varastoa 2 suurempi, koska varasto 1 on lämmin varasto ja lisäksi huomattavasti korkeampi kuin varasto 2. Varaston 1 tilakustannukset jakautuvat lähes tasan pääoma- ja ylläpitokustannusten kesken. Tilankäytön osalta varastossa 1 on enemmän lavapaikkoja lattiapinta-alaa ja tilavuutta kohden kuin varastossa 2. Tämän selittää se, että varastossa 2 on varattuna enemmän lattiapinta-alaa rakennuksen päätyyn materiaalin käsittelyä varten. Varastossa 1 on materiaalinkäsittelyyn varattu lattiapinta-alaa varistorakennuksen muissa osissa.

Taulukko 3: Varastojen kapasiteetit ja tunnusluvut [19; 13]

	Pinta-ala (m ²)	Tilavuus (m ³)	Kuormalava- paikat (kpl)	Tilakustan- nukset (€/v)	Tilankäyttö (lavaa/m ²)	Tilankäyttö (lavaa/m ³)	Tilakustannus (€/v/lavapaikka)
Varasto 1	2 592	19 440	3 655	70 105	1,4	0,2	19,2
Varasto 2	2 100	10 479	1 447	25 651	0,7	0,1	17,7

5. VARASTOINTITEKNOLOGIOILLA SAAVUTETTAVA KAPASITEETIN LISÄYS JA KUSTANNUKSET

Esimerkkivarastoille 1 ja 2 suunniteltiin uudet hyllyjärjestelmät tarvittavine materiaalinkäsittelylaitteineen mahdollisen varastointikapasiteetin lisäyksen todentamiseksi. Luvussa 3 esitetyjä hyllyjärjestelmiä toimittaa Suomessa mm. Intolog-ketju, jolla on Suomessa 14 toimipistettä. Intolog-ketju tarjoaa sisälogistiikan palveluita kattavasti tarvekartoituksista aina asennettujen järjestelmien ylläpitoon saakka mukaan lukien tarvittavat koulutuspalvelut. [10]

Varastojen 1 ja 2 osalta laskenta toteutettiin yhteistyössä Intolog Vantaa Oy:n toimipisteen edustajien kanssa. Yrityksen edustajat suunnittelivat omaan kokemukseensa perustuen varastoille mahdolliset hyllyjärjestelmävaihtoehdot sekä antoivat budjetääriset tarjoukset järjestelmistä asennettuina. Yrityksille luovutettiin liitteen 3 mukaiset lähtötiedot nykyisestä varastojen tilanteesta. Molemmille varastoille pyrittiin löytämään kaksi erilaista hyllyjärjestelmää, joiden osalta analysoitiin kapasiteetin lisäystä ja investointikustannuksia. Varastojen 1 ja 2 ominaisuuksien vuoksi Intolog Vantaa Oy:n asiantuntijat rajoittivat suunnittelemansa hyllyvaihtoehdot yhteen vaihtoehtoon varastoa kohti. Tutkija laati itse esimerkkivarastoille omat vaihtoehdot, jotta erilaisia hyllyjärjestelmiä ja investointikustannuksia kyettiin vertailemaan Intolog Vantaa Oy:n laatimiin vaihtoehtoihin. Tarkkojen tilasuunnitelmien laatiminen vaatii varastojen huolellista analysointia paikan päällä yhteistyössä toimittajan kanssa, jotta kaikki tilasuunnitteluun vaikuttavat tekijät tulee huomioitua. Tutkimukseen varatun ajan vuoksi vierailuja kohteisiin ei Intolog Vantaa Oy:n edustajien kanssa toteutettu.

5.1. Tilasuunnittelu ja hyllyjärjestelmä

Varasto 1 vaihtoehto 1 (VE1)

Varaston 1 vaihtoehdon 1 osalta päädyttiin ratkaisuun, jossa tilan laajaa lattiapinta-alaa, vaapaata sisäkorkeutta ja lattian kantavuutta voidaan hyödyntää parhaiten liikkuvien hyllystöjen ratkaisulla, jota täydennetään tilan oikealle sivustalle sijoitetulla push back -hyllystöllä [30; 31]. Vaihtoehdon 1 tilasuunnitelma on esitetty liitteen 4 kuvassa 18.

Liikkuvat hyllystöt on ryhmitelty siten, että kiinteiden hyllyjen välissä on 12 kpl liikkuvia hyllystöjä. Tällä ratkaisulla mahdollistetaan liikkuvaan hyllystöön viisi hyllyväliä, joita kaikkia voidaan täyttää tai tyhjentää samanaikaisesti. Hyllyvälejä vähentämällä saataisiin lisää lavapaikkoja, mutta samalla menetettäisiin hyllystön käytettävyyttä sekä tehokkuutta. Hyllyjen siirtämisen aikana varastohenkilöstö voi toimia toisissa hyllyväleissä, eikä siten tarvita odotusaikaa hyllyjen siirtämiseen, kuten käytettäessä ainoastaan yhtä vapaata hyllyväliä. [30]

Liikkuvaan hyllystöön saadaan yhteensä 3 350 lavapaikkaa ja push back -hyllystöön 1 520 lavapaikkaa. Tilan vasemmassa reunassa säilyy nykyinen kiinteä kuormalavahylly, jossa on 224 lavapaikkaa. Vaihtoehdossa 1 on kuormalavapaikkoja yhteensä 5 094 kappaletta.

Intolog Vantaa Oy:n antamat lavapaikkahinnat ovat 110 euroa liikkuvassa hyllystössä ja 170 euroa push back -hyllystössä. Yrityksen ilmoittama hinta liikkuvalla hyllystöratkaisulle perustuu täysin uuteen hyllystöön, mutta yrityksen antaman tiedon mukaan nykyinen hyllystö voisi olla hyödynnettävissä rakennettaessa liikkuvaa hyllystöratkaisua. Tällöin hinta laskisi oleellisesti. Nykyisten hyllystöjen käyttäminen edellyttää tarkempaa suunnittelua ja käyntiä varastolla. Hinnat sisältävät hyllystöjen asennuksen, mutta lavapaikkahinnat eivät sisällä vanhojen hyllyjen purkamista, eivätkä liikkuvien hyllystöjen vaatimaa kiskojen asentamista. Kiskojen asentaminen vaatii upotuksien tekemisen lattiaan roiloamalla. Edellä mainittuihin toimenpiteisiin on käyttäjän varattava rahoitus, jonka määräksi on arvioitu 50 000 euroa. [30]

Varasto 1 vaihtoehto 2 (VE2)

Tutkija laati oman vaihtoehdon, jotta olisi mahdollista vertailla Intolog Vantaa Oy:n laatimaa vaihtoehtoa 1. Varaston keskelle sijoitettiin kapeakäytävähyllystöt ja tilan oikealle sivustalle VE1:n mukainen push back -hyllystö. Nykyiset hyllystöt voidaan hyödyntää täysimääräisesti ja ainoastaan push back -hyllystöt on hankittava uutena. Tilasuunnittelu on esitetty liitteen 4 kuvassa 19. Kapeakäytävähyllystön käyttäminen vaatii kapeakäytävätruikin hankkimisen varastolle.

Kapeakäytävähyllystön reunoille jäävät nykyiset hyllyt, joissa on yhteensä 726 lavapaikkaa. Reunahyllyjen välissä olevissa hyllyissä on 2 898 lavapaikkaa. Push back -hyllystössä on vaihtoehdon 1 mukainen lavamäärä eli 1 520 kappaletta. Vaihtoehdossa 2 on lavapaikkoja yhteensä 5 144 kappaletta.

Vanhojen hyllyjen purkamiseen ja uudelleen asentamiseen kapeammalla käytäväleveydellä arvioidaan tarvittavan noin 25 000 euroa. Push back -hyllystön lavapaikkahintana voidaan käyttää Intolog Vantaa Oy:n ilmoittamaa 170 euroa [29].

Varasto 2 vaihtoehto 1 (VE1)

Varaston 2 vapaa sisäkorkeus sekä katon kantavat rakenteet rajoittavat varaston soveltuvuutta liikkuville hyllyjärjestelmille. Varaston 2 lattian 10 cm:n vahvuus ei mahdollista liikkuvien hyllyjärjestelmien vaatimien kiskojen asennusta, vaan kiskot olisi asennettava nykyisen lattian päälle, jonka jälkeen olisi tehtävä noin 10 cm:n korkuinen täytevalu koko lattiapinta-alan osalta. Täytevalu pienentäisi edelleen varaston vapaata sisäkorkeutta. Edellä mainittujen asioiden vuoksi Intolog Vantaa Oy:n asiantuntijat päätyivät suunnittelemaan varastoon 2 push back -hyllystöt koko varaston alueelle liitteen 4 kuvan 20 mukaisesti. [30; 31]

Varastoon saadaan lavapaikkoja yhteensä 1 950 kappaletta. Vanhojen hyllyjen purkamiseen arvioidaan tarvittavan 15 000 euroa. Push back -hyllystön lavapaikkahinnaksi Intolog ilmoitti 170 euroa. [30]

Varasto 2 vaihtoehto 2 (VE2)

Varaston 2 vaihtoehto 2 on tutkijan laatima oma vaihtoehto Intolog Vantaa Oy:n laatiman vaihtoehdon 1 vertailemiseksi. Vaihtoehdossa 2 varaston nykyiset hyllyt muutettiin kapeakäytäväjärjestelmäksi. Tilan keskellä kulkeva varaston pituussuuntainen katon kannatinpalkki pilareineen rajoitti hyllystön sijoittamisen varaston keskelle, johon jätettiin leveä käytävä. Tilasuunnitelma on esitetty liitteen 4 kuvassa 21. Kapeakäytävähyllystön käyttäminen edellyttää kapeakäytävätruikin hankkimisen varastolle.

Vaihtoehdossa 2 hyödynnetään varaston nykyiset hyllyt ja uusia hyllyjä tarvitsee hankkia 230 kuormalavalle. Varaston kokonaislavamääräksi vaihtoehdossa 2 saadaan yhteensä 1 670 kuormalavaa.

Vanhojen hyllyjen purkamiseen ja uudelleen asentamiseen kapeammalla käytäväleveydellä arvioidaan tarvittavan noin 15 000 euroa. Uusien kuormalavahyllyjen hankintahintana käytetään Intolog Vantaa Oy:n antamaa tietoa, 30 euroa lavapaikalta [29].

5.2. Materiaalinkäsittelylaitteet

Trukkien hinta-arviot selvitettiin Toyota Material Handling Finland Oy:n aluemyyntipäälliköltä. Yrityksen antamina yleisinä budjetäarisinä hintatietoina voidaan kapeakäytävätrukille käyttää noin 50 000 euroa ja työntömastotrukille noin 30 000 euroa. Trukkien lisävarusteiden hinnat ovat muutamia tuhansia euroja. Aluemyyntipäällikön antaman tiedon mukaan työntömastotrukkeja on vuokrattavissa valmiutta kohotettaessa hyvin ja kapeakäytävätrukkeja rajoitetusti. [17]

Varastojen 1 ja 2 vaihtoehtojen 1 uudet hyllyjärjestelmät käytävineen ja hyllyväleineen soveltuvat nykyisille varastoissa käytössä oleville materiaalinkäsittelylaitteille. Varaston 1 vaihtoehdon 1 liikkuvien hyllystöjen hyllyvälien pienentäminen vaatisi kahden kapeakäytävätruikin hankkimista. Näiden hankintahinta 100 000 euroa olisi huomattavan korkea suhteessa liikkuvan hyllyjärjestelmän viiden vapaan hyllyvälin pienentämisestä saatavaan 250 kuormalavapaikan lisäykseen nähden. Kapeakäytävätruikin hankinta on pakollinen käytettäessä kapeakäytävähyllystöjä.

Varastotoiminnot eivät voi perustua yhden truikin varaan, jotta operatiivisten vaatimusten mukaisesti varaston materiaali saataisiin hajautettua annetussa aikavaatimuksessa. Normaaliolojenkin aikana on varastolla oltava kapeakäytävätrukkeja käytössä vähintään 2 kappaletta materiaalinkäsittelyn turvaamiseksi toisen koneen rikkouduttua.

5.3. Saavutettava varastointikapasiteetin lisäys ja tunnusluvut

Varastoille laadittujen vaihtoehtojen perusteella laskettiin hyllystöjen kuormalavakapasiteetit. Taulukkoon 4 on laskettu keskeiset tunnusluvut varastoittain ja vaihtoehtoittain. Taulukossa 4 on esitetty myös varastojen nykytilanne, jotta laadittuja vaihtoehtoja on mahdollista vertailla nykytilaan. Varastojen pinta-alat ja tilakustannukset säilyvät molempien varastojen osalta nykytilan suuruisina.

Tilankäytön ja kuormalavapaikkojen lisäyksen osalta varaston 1 molemmat vaihtoehdot ovat hyvin lähellä toisiaan. Nykytilaan verrattuna varastointikapasiteetin lisäys on noin 1 500 kuormalavaa eli 40 %. Varaston 1 vaihtoehto 2 on investointikustannukseltaan hieman halvempi, vaikka vaihtoehdossa joudutaan hankkimaan varastolle kapeakäytävätrukit. Vaihtoehdon 2 investointikustannus on 57 euroa halvempi kuormalavapaikkalisäystä kohden kuin vaihtoehdossa 1. Mikäli varaston 1 nykyinen hyllyjärjestelmä on hyödynnettävissä liikkuvan hyllyjärjestelmän rakentamiseen, niin lavapaikkahinta laskisi huomattavasti. Tällöin vaihtoehto 1 olisi huomattavasti edullisempi. Tilankäyttö tehostuu molemmissa vaihtoehdoissa 1,4 lavasta/m² 2,0 lavaan/m² pinta-alaan tarkasteltuna ja 0,2 lavasta/m³ 0,3 lavaan/m³ tilavuuteen tarkasteltuna. Tilakustannus on molemmissa vaihtoehdoissa hyvin lähellä toisiaan, joten sillä ei ole varaston 1 osalta vaikutusta vaihtoehtojen paremmuuteen.

Varaston 2 vaihtoehto 1 lisää kuormalavapaikkoja 503 kappaletta (35 %) ja vaihtoehto 2 lisää 223 kappaletta (15 %). Vaihtoehto 1 on 143 euroa kalliimpi tarkasteltuna investointikustannusta lavapaikkalisäystä kohden kuin vaihtoehto 2. Tilankäyttö tehostuu pinta-alaan tarkasteltuna vaihtoehdossa 1 0,7 lavasta/m² 0,9 lavaan/m² ja vaihtoehdossa 2 0,8 lavaan/m². Tilavuuteen tarkasteltuna tehostuminen on molemmissa vaihtoehdoissa lähes samansuuruinen. Tilakustannus lavapaikkaa kohden tarkasteltuna on vaihtoehdossa 1 noin 15 % edullisempi kuin vaihtoehdossa 2.

Taulukko 4: Varastojen kapasiteetit ja tunnusluvut nykytilassa sekä vaihtoehtoisilla uusilla hyllyjärjestelmillä

	Varasto 1 nykytila	Varasto 2 nykytila	Varasto 1 VE1	Varasto 1 VE2	Varasto 2 VE1	Varasto 2 VE2
Pinta-ala (m2)	2 592	2 100	2 592	2 592	2 100	2 100
Tilavuus (m3)	19 440	10 479	19 440	19 440	10 479	10 479
Kuormalavapaikat (kpl)	3 655	1 447	5 094	5 144	1 950	1 670
Tilakustannukset (€/v)	70 105	25 651	70 105	70 105	25 651	25 651
Tilankäyttö (lavaa/m2)	1,4	0,7	2,0	2,0	0,9	0,8
Tilankäyttö (lavaa/m3)	0,2	0,1	0,3	0,3	0,2	0,2
Tilakustannus (€/v/lavapaikka)	19,2	17,7	13,8	13,6	13,2	15,4
Kuormalavapaikkojen lisäys (%)			39,4 %	40,7 %	34,8 %	15,4 %
Investointikustannus hyllystöihin (€)			626 900	490 240	331 500	6 690
Investointikustannus trukkeihin (€)			0	100 000	0	100 000
Muut kustannukset (€)			50 000	25 000	15 000	15 000
Investoinnit yhteensä (€)			676 900	615 240	346 500	121 690
Investointikustannus €/uusi lavapaikka			470	413	689	546

Varaston 1 vaihtoehdon 1 hyllyjärjestelmällä saavutettava lisäkapasiteetti olisi noin 1 500 kuormalavaa. Vastaavan määrän sijoittaminen uuteen varastoon vaatisi noin 600 neliön ja 8 metriä korkean varaston rakentamista sekä push back -hyllystön investoimisen uuteen varastoon. Rakennuksen neliöhinnaksi voidaan asiantuntijan mukaan [14] arvioida noin 2 000 euroa, jolloin rakennus maksaisi 1,2 MEUR ja push back -hyllystö maksaisi Intolog Vantaa Oy:n 170 euron lavapaikkahinnalla laskettuna 255 000 euroa. Rakennuksen vuotuiseksi pääomavuokraksi muodostuisi 7 %:n pääomavastikkeella 84 000 euroa ja ylläpitovuokraksi voidaan arvioida noin 30 000 euroa. Tilakustannukset uuden varaston osalta olisivat yhteensä 114 000 euroa.

Pelkästään uuden varaston tilakustannuksia varaston 1 vaihtoehdon 1 investointikustannukseen vertailemalla voidaan todeta, että hyllystön investoinnin takaisinmaksuaika olisi varaston 1 osalta 5,9 vuotta.

$$676\,900 \text{ eur} / 114\,000 \text{ eur/a} = 5,9 \text{ a}$$

Mikäli hyllystöjen investointihinta varaston 1 vaihtoehdon 1 ja uuden varaston osalta otetaan huomioon, olisi takaisinmaksuaika 3,7 vuotta.

$$(676\,900 \text{ eur} - 255\,000 \text{ eur}) / 114\,000 \text{ eur/a} = 3,7 \text{ a}$$

Investointilaskelmien toteuttamiseksi tulisi selvittää myös varastointikapasiteetin lisäyksen vaikutukset mm. varastoilla tarvittaviin henkilöstöresursseihin. Investoinnista päättämiseksi tilaaja tarvitsee sitovat tarjoukset toimittajilta tilasuunnitelmiseen sekä käyttäjän arvion henkilöstövaikutuksista. Toimittajien on tarjousten ja tilasuunnitelmien laatimiseksi tutustuttava varastoihin paikan päällä. Varastointikapasiteetin lisääminen perustuu tarpeeseen, jotta materiaalia kyetään varastoimaan operatiivisten vaatimusten asettamat määrät olosuhdevaatimusten mukaisesti.

6. JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää varastointikapasiteetin käytön tehostamista. Uusilla hyllyjärjestelmillä saavutettavia kapasiteetin lisäyksiä tutkittiin laatimalla kahteen esimerkkivarastoon uudet hyllyjärjestelmävaihtoehdot. Tutkimuksen teoriaosassa käsitellään varastoinnin käsitettä osana logistiikkaa, varastojen tilasuunnittelua, varastointiin johtavia syitä, varastojen jaottelua, varastoinnin nykytilaa, kustannuksia sekä varastoinnin tunnuslukuja ja mittareita. Puolustusvoimien varastoinnin nykytila on selvitetty puolustusvoimien varastointisuunnitelman version 3.0 päivittämistyön yhteydessä. Puolustusvoimien varastoinnin mittaamiseen soveltuvat tunnusluvut eroavat liiketaloudessa käytettävistä, koska varastointi on luonteeltaan varmuusvarastointia ja materiaalin kiertonopeus on erittäin hidasta. Puolustusvoimat tarvitsee jatkossakin varastoja lakisääteisten tehtäviensä suorittamiseksi. Varaston kapasiteetin tehostamista suunniteltaessa on ensin selvitettävä varaston nykytilanne, jotta tilasuunnittelua varten saadaan riittävät perustiedot ja uutta tilasuunnitelmaa sekä kustannuksia voidaan verrata nykytilaan.

Varastointikapasiteetin lisäämiseksi on käytössä monia eri menetelmiä. Tutkimuksessa esitellään markkinoilla olevia varastointiteknologioita ja materiaalinkäsittelyjärjestelmiä. Kapasiteetin lisääminen on edullisinta aloittaa varastojen järjestämisellä ja tuotteiden lavoitusta parantamalla. Varastoitavan materiaalin on oltava tarpeellista ja käyttökuntoista. Teoriaosassa on esitetty kapasiteetin tehostamismahdollisuuksia erilaisilla hyllyjärjestelmillä. Kapasiteetin lisäys voi olla jopa 80 % liikkuvilla hyllystöratkaisuilla verrattuna perinteiseen kuormalavahyllystöön. Hyllystötoimittajien esitteissään antamiin prosentuaalisiin kapasiteetin lisäyksiin on suhtauduttava erittäin kriittisesti. Ainoa keino selvittää luotettavasti todellinen kapasiteetin lisäys on tehdä varastoon uusi tilasuunnittelu yhdessä hyllystöjärjestelmien toimittajien kanssa.

Varaston 1 osalta kapasiteettia voidaan lisätä kapeakäytäväratkaisulla noin 41 % ja liikkuvalla hyllystöratkaisulla noin 39 %. Investointikustannukset ovat vaihtoehdossa 2 noin 615 000 euroa ja vaihtoehdossa 1 noin 677 000 euroa. Liikkuva hyllystöratkaisuvaihtoehto soveltuisi varastoon 1 paremmin kuin kapeakäytävävaihtoehto. Investointikustannus on liikkuvalla hyllystöllä hieman kalliimpi kuin kapeakäytäväratkaisulla, mutta tällöin varastolle ei tällöin tarvitse hankkia kapeakäytävätrukkeja. Työntömastotrukkeja on myös paremmin vuokrattavissa materiaalin hajauttamiseksi valmiutta kohotettaessa.

Nykyisen hyllyjärjestelmän hyödyntäminen liikkuvan hyllyjärjestelmän rakentamiseksi olisi selvitettävä hyllyjärjestelmätoimittajan kanssa investointikustannusten pienentämiseksi. Nykyistä hyllyjärjestelmää on mahdollista hyödyntää toisaalla, mikäli päädyttäisiin hankkimaan kokonaan uusi hyllystö.

Varaston 2 osalta kapasiteettia voidaan lisätä push back -hyllystöllä noin 35 % ja kapeakäytäväratkaisulla noin 15 %. Investointikustannukset ovat vaihtoehdossa 1 noin 347 000 euroa ja vaihtoehdossa 2 noin 122 000 euroa. Push back -hyllystö soveltuisi varastoon 2 paremmin kuin kapeakäytävävaihtoehto. Investointikustannus on push back -hyllystöllä hieman kalliimpi kuin kapeakäytäväratkaisulla, mutta tällöin varastolle ei tällöin tarvitse hankkia kapeakäytävätrukkeja ainoastaan tutkimuksessa tarkasteltua varastoa varten. Push back -hyllystöllä saavutetaan myös noin 15 % edullisempi tilakustannus lavapaikkaa kohden kuin kapeakäytäväratkaisulla.

Puolustusvoimien varastointisuunnitelman version 3.0 luonnoksen varastointitilannekuvan mukaan puolustusvoimissa on 64 kpl yli 4 metriä korkeita varastotiloja, joiden pinta-alasta vähintään 50 % on kuormalavahyllystöjä. Näissä varastoissa on yhteensä 69 100 kuormalavapaikkaa. Mikäli esimerkkivarastoihin laadituilla varastointiteknologioilla saavutettaisiin yhtä suuri prosentuaalinen lisäys edellä mainittuihin varastoihin, saavutettaisiin push back -hyllystöillä 35 % lisäys eli noin 26 200 kuormalavapaikkaa ja liikkuvilla hyllyjärjestelmillä 39 % kapasiteetin lisäys eli noin 26 950 kuormalavapaikkaa mainittuihin varastoihin. Mahdollisina rajoitteina uusien hyllyjärjestelmien käyttämiselle ovat:

- varastojen lattiavahvuudet eivät mahdollista liikkuvien hyllystöratkaisujen vaatimien kiskojen upotusta lattiaan
- lattioiden kantavuudet
- varastojen sisäkorkeudet
- varastointiolosuhteet
- varastojen sisällä olevat pilarit ja kattojen tukirakenteet
- ovien sijainnit
- varastojen kunto.

Uuden hyllyjärjestelmän käyttöönottamiseksi on varastokohtaisesti huolellisesti tarkasteltava myös varaston käyttöprofiili. Joukko-osastojen varastojen kiertonopeus on huomattavasti suurempi kuin materiaalilaitosten varmuusvarastoissa.

Varastoon 1 suunniteltu liikkuvien hyllystöjen vaihtoehto soveltuu parhaiten monistettavaksi varastoihin, joiden vapaa sisäkorkeus on vähintään 6 metriä ja lattian vahvuus on vähintään 20 cm hyllystön vaatimien kiskojen lattiaan upottamiseksi. Push back -hyllystöt soveltuvat keskisuuriin varastoihin, mutta push back -hyllystöjen lisäksi olisi oltava myös perinteistä kuormalavahyllystöä. Perinteistä kuormalavahyllystöä tarvitaan niille nimikkeille, joita on varastossa vain yksittäisiä kuormalavoja. Push back -hyllystöjen suurimpana syvyytenä on järkevä pitää noin viittä kuormalavaa, jotta kuormalavat ovat saavutettavissa kohtuullisen nopeasti.

Materiaalinkäsittelylaitteet on valittava hyllyjärjestelmän mukaisesti. Kapeakäytävähyllystö edellyttää kapeakäytävätrukkeja lavojen käsittelyyn. Varastolla on oltava vähintään kaksi hyllyjen täyttämiseen ja purkamiseen soveltuvaa trukkia, jotta materiaalinkäsittelyä on mahdollista jatkaa toisen koneen rikkouduttua. Varaston valmiussuunnittelussa on otettava huomioon, että materiaalin hajauttaminen aikavaatimusten mukaisesti voi edellyttää materiaalinkäsittelylaitteiden vuokraamista. Kapeakäytävätrukkeja on vuokrattavissa rajoitetusti, koska trukkityyppi ei ole käytössä niin yleisesti kuin työntömasto- ja vastapainotrukit.

Tutkimustulosten perusteella varastointikapasiteettia on mahdollista lisätä jopa 40 % jo olemassa olevaan varastoon. Kapasiteetin lisääminen olemassa olevaan varastoon on edullisempaa kuin uuden varaston rakentaminen, mikäli varaston kunto ja sijainti sen mahdollistavat. Käyttäjän olisi investoiva uuteen varastoon hyllyjärjestelmät ja lisäksi puolustusvoimat maksaisi 7 %:n vuotuista pääomavuokraa Senaatti-kiinteistölle uuden varaston investointihinnasta. Uuden hyllyjärjestelmän takaisinmaksuaika on 5,9 vuotta, kun verrataan hyllyjärjestelmän investointihintaa uuden varaston vuotuisiin tilakustannuksiin. Takaisinmaksuajan perusteella on hyllyjärjestelmien investoiminen vanhaan varastoon kustannustehokkaampaa kuin uuden varaston rakentaminen. Uuden varaston hyllyjärjestelmän ja tilakustannusten lisäksi puolustusvoimille jäävät vielä olemassa olevien varastojen tilakustannukset. Uuden varaston rakentamisen myötä pitäisi kyetä luopumaan vanhoista kylmistä epäkäytännöllisistä varastoista ja jopa kokonaisesta varastoalueesta, jotta kokonaiskustannukset eivät merkittävästi kohoa uuden varaston käyttöönoton myötä.

Uusien varastointiteknologioiden käytöllä kyetään lisäämään varastointikapasiteettia olemassa oleviin varastoihin. Tutkimusta on mahdollista laajentaa laatimalla vielä useampia vaihtoehtoja esimerkkivarastoihin sekä selvittämällä investoinnin muut vaikutukset mm. henkilöstö-resursseihin investointilaskelmien laatimiseksi.

Tutkimuksessa tehdyn laskennan luotettavuus on hyvä laadittujen esimerkkivaihtoehtojen kuormalavapaikkalisäyksen lukumäärälle. Investointikustannukset perustuvat hyllystöjen, käyttäjän hankintojen sekä materiaalinkäsittelyjärjestelmien hinta-arvioihin, joiden osalta laskennassa on epäluotettavuutta. Kokonaisuudessaan tutkimuksen laskennan luotettavuutta voidaan pitää riittävän tarkkana arvioitaessa eri mahdollisuuksia varastointikapasiteetin käytön tehostamiseksi kustannusarvioineen.

Jatkotutkimuksena olisi tarkasteltava varastokohtaisesti mahdollisuutta lisätä varastointikapasiteettia tässä tutkimuksessa esitetyillä menetelmillä ottaen huomioon esitetyt rajoitukset menetelmien soveltamiselle. Jatkotutkimuksena voitaisiin tutkia varastoinnin tehokkuuteen vaikuttavia tekijöitä puolustusvoimissa. Tutkimuksen kohteeksi voitaisiin asettaa myös puolustusvoimien keskusvarastojen rakentaminen ja niiden tarvittava lukumäärä perustuen operatiivisiin vaatimuksiin, kustannushyötyanalyysiin sekä keskusvarastojen etuihin ja haittoihin puolustusvoimien toiminnassa. Jatkotutkimuksena voidaan tehtyä tutkimusta laajentaa selvittämällä investoinnin liiketaloudellista kannattavuutta investointilaskelmin.

LÄHTEET

- [1] Constructor Finland Oy. Kapeakäytävähyllystö P90. [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.kasten.fi/Tuotteet/Lavatavaran-kasittely/Kasten-kapeakaytavahyllysto-P90/>
- [2] Constructor Finland Oy. Kasten kuormalavahylly P90.pdf. [viitattu 3.10.2013]. Saatavissa: <http://www.kasten.fi/Tuotteet/Lavatavaran-kasittely/Kasten-kuormalavahyllly-P90/>
- [3] Constructor Finland Oy. Kasten syväkuormaushylly P90. [viitattu 4.10.2013]. Saatavissa: <http://www.kasten.fi/Tuotteet/Lavatavaran-kasittely/Kasten-syvakuormaushyllly-P90/>
- [4] Constructor Finland Oy. Kuormalavahylly P90 - Läpivirtaushylly. [viitattu 4.10.2013]. Saatavissa: <http://www.kasten.fi/Tuotteet/Lavatavaran-kasittely/Kasten-lapivirtaushyllly/>
- [5] Constructor Finland Oy. Push back -hyllystö P90. [viitattu 4.10.2013]. Saatavissa: <http://www.kasten.fi/Tuotteet/Lavatavaran-kasittely/Kasten-Push-Back--hyllysto/>
- [6] Constructor Finland Oy. Siirtohyllyt P90 MOVO. [viitattu 4.10.2013]. Saatavissa: <http://www.kasten.fi/Tuotteet/Lavatavaran-kasittely/Kasten-siirtohylllyt-P90/>
- [7] Hokkanen, S., Karhunen, J. & Luukkainen, M. Johdatus logistiseen ajatteluun. SHO Business Development Oy, 2011. 464 s. ISBN 978-952-67428-3-0.
- [8] Hokkanen, S. & Virtanen, S. Varastonhoitajan käsikirja. 1. painos. Kangasniemi: SHO Business Development Oy, 2012. 200 s. ISBN 978-952-67428-5-4.
- [9] Inkiläinen, A., Santala, J., von Bell, A. & Ritvanen, V. Logistiikan ja toimitusketjun hallinnan perusteet. Helsinki: Reijo Rautauoman säätiö, 2011. 252 s. ISBN 978-952-67437-1-2.
- [10] Intolog Vantaa Oy. Suomalaista sisälogistiikkaa. Kuvasto 2013.
- [11] Karhunen, J., Pouri, R. & Santala, J. Kuljetukset ja varastointi - järjestelmät, kalusto ja toimintaperiaatteet. 2. painos. Helsinki: Suomen Logistiikkayhdistys ry, 2004. 437 s. ISBN 951-98050-0-6.
- [12] Karrus, K. E. Logistiikka. 3.-4. painos. Porvoo, WSOY, 2003. 419 s. ISBN 951-0-25497-5.

- [13] Karsikas, K. Varastonhoitaja. Puolustusvoimat. PVAH sanoma 25.10.2013. Materiaali tutkijan hallussa.
- [14] Kesänen, S. Kiinteistöpäällikkö. Puolustusvoimat. Puhelinhaastattelu, varastorakentamisen kustannusten arviointi, 16.1.2014. Haastattelumuistiinpanot tutkijalla.
- [15] Maavoimien varastointisuunnitelma versio 2.0, MAAVMATLEHOS, BG543. Tampere: Maavoimien materiaalilaitoksen esikunnan huolto-osasto, 22.1.2010.
- [16] Mecalux. Automated warehouses for pallets. [viitattu 4.10.2013]. Saatavissa: <http://www.mecalux.com/warehousing-solutions/automated-warehouses-for-pallets>
- [17] Miettinen, P. Aluemyyntipäällikkö. Toyota Material Handling Finland Oy. Puhelinhaastattelu, trukkien budjetääriset hintatiedot, 8.1.2014. Haastattelumuistiinpanot tutkijalla.
- [18] Mulcany, D E, Sydow, J. A supply chain logistics program for warehouse management. CRC Press. 2008. 514 s. ISBN 978-0-8493-0575-7.
- [19] Piironen, K. Varastopäällikkö. Puolustusvoimat PVAH sanoma 4.10.2013. Materiaali tutkijan hallussa.
- [20] Puolustusvoimat PVTOK AT 3:005 - Varastointiolosuhtevaatumuksien luokitus
- [21] Puolustusvoimat, Logistiikkaopas (LOGOPAS) LUONNOS versio 0.6. 31.1.2013.
- [22] Puolustusvoimien varastointisuunnitelma versio 3.0, MAAVMATLEHOS, TKJ887. Turvaluokiteltu TLL II Salainen. Tampere: Maavoimien materiaalilaitoksen esikunnan huolto-osasto, 12.3.2014 (LUONNOS)
- [23] Pääesikunta, Logistiikkaosasto. Puolustusvoimien Logistiikkastrategia 2009–2020.
- [24] Ranta, J. Puolustusvoimien Materiaalilaitoksen varastoinnin kehittäminen. Diplomityö. Tampere, 2003. Tampereen Teknillinen yliopisto, Tuotantotalouden osasto. 80 s.
- [25] Rocla Solution Oy. Vastapainotrukki. [viitattu 4.10.2013]. Saatavissa: <http://www.rocla.fi/trukit/vastapainotrukki>
- [26] Sakki, J. Tilaus-toimitusketjun hallinta, B2B - Vähemmällä enemmän. 7. painos. Vantaa: Jouni Sakki Oy, 2009. 221 s. ISBN 978-951-97668-4-3.
- [27] Sakki, J. Tilaus-toimitusketjun hallinta, Logistinen b to b -prosessi. 5. painos. Espoo: Jouni Sakki Oy, 2011. 234 s. ISBN 951-97668-2-0.
- [28] Suomen turvallisuus- ja puolustuspolitiikka 2012, Valtioneuvoston selonteko 6/2012.

- [29] Tanskanen, J. Insinööri, Intolog Vantaa Oy. Puhelinkeskustelu 14.1.2014. Perinteisen kuormalavahyllypaikan hintatieto sekä push back -hyllystön hintatiedon käyttö varaston 1 osalta.
- [30] Tanskanen, J. Insinööri, Intolog Vantaa Oy. Sähköpostiviesti 3.1.2014. Materiaali tutkijan hallussa.
- [31] Tanskanen, J. Insinööri, Intolog Vantaa Oy. Sähköpostiviesti 24.1.2014. Materiaali tutkijan hallussa.
- [32] Toyota Material Handling Finland Oy. Kapeakäytävätrukit. [viitattu 4.10.2013]. Saatavissa: <http://www.toyota-forklifts.fi/fi/products/very-narrow-aisle-trucks/bt-vector-c-series/pages/default.aspx>
- [33] Varastoinnin tilannekuvan muodostaminen - ei räjähtävä materiaali. MAAVMATLEHOS, BJ4747. Tampere: Maavoimien materiaalilaitoksen esikunnan huolto-osasto, 7.5.2012.

LIITELUETTELO

Liite 1: KYSELY ESIMERKKIVARASTOJEN TIETOJEN KARTOITTAMISEKSI

Liite 2: VARASTOINTIOLOSUHTEIDEN JAOTTELU

Liite 3: VARASTOJEN 1 JA 2 NYKYTILA

Liite 4: VARASTOJEN 1 JA 2 HYLLYJÄRJESTEMÄVAIHTOEHDOT

Arvoisat vastaanottajat,

Insinöörikapteeni Vesa Kivelän esiupseerikurssi 66 opiskelu sisältää tutkimustyön, jonka aiheena on varastointikapasiteetin käytön tehostaminen. Tutkimuksessa etsitään keinoja lisätä nykyisiin varastoihin lisää kuormalava/häkki paikkoja teknologisin keinoin, joita ovat pääasiassa erilaiset hyllyjärjestelmät sekä materiaalinkäsittelykoneet.

Tutkimukseen otetaan mukaan kaksi varastosuojaa, joihin tutkimuksen avulla suunnitellaan uusi varastointijärjestelmä ja verrataan tilannetta nykytilanteeseen. Varastoja käsitellään työssä ainoastaan varastonumeroina 1 ja 2, eli ei mainita, missä varastot sijaitsevat tai mitä nimikkeitä varastoidaan. Työn salattavuusaste on julkinen.

Tutkimuksen suorittamiseksi tarvitaan molemmista varastosuojista seuraavat tiedot:

- varaston pinta ala m²
- varaston vapaa korkeus m (pinta-alan ja korkeuden perusteella lasken tilavuuden)
- varastointiolosuhte
- varaston lay-out, jossa on sijoitettuna hyllyt, niiden korkeudet sekä esitetty käytävien leveydet metreinä
- kuormalavakapasiteetti nykyisellä hyllyjärjestelmällä
- käytössä olevat materiaalinkäsittelylaitteet (trukkien tyypit ja valokuvat)
- varaston pääomavuokra ja ylläpitovuokra
- valokuvia kohteesta (sisältä siten, ettei paljasta varastoitua materiaalia)
- valokuvat tyypillisistä varastointikolleeista: kuormalava, häkki
- kuvia voi olla enemmänkin, katsotaan sitten yhdessä ne kuvat, jotka voi laittaa työhön mukaan (pari kuvaa/varasto työn liitteessä). Kuvan julkaisemiseen pyydän samalla annettavan luvan kuvaajan toimesta.
- muita asioita, jotka tulisi ko. varaston osalta ottaa huomioon
- omia näkemyksiänne varastoinnin tehostamiseksi kuin edellä mainitut

LIITE1

Laittakaa mukaan varaston yhteystiedot, joista voidaan kysyä tarvittaessa täsmentäviin kysymyksiin vastauksia.

Opinnäytetyön ohjaajat ovat:

1. Prof. Juha-Matti Lehtonen

2. Maj. Matti Heininen

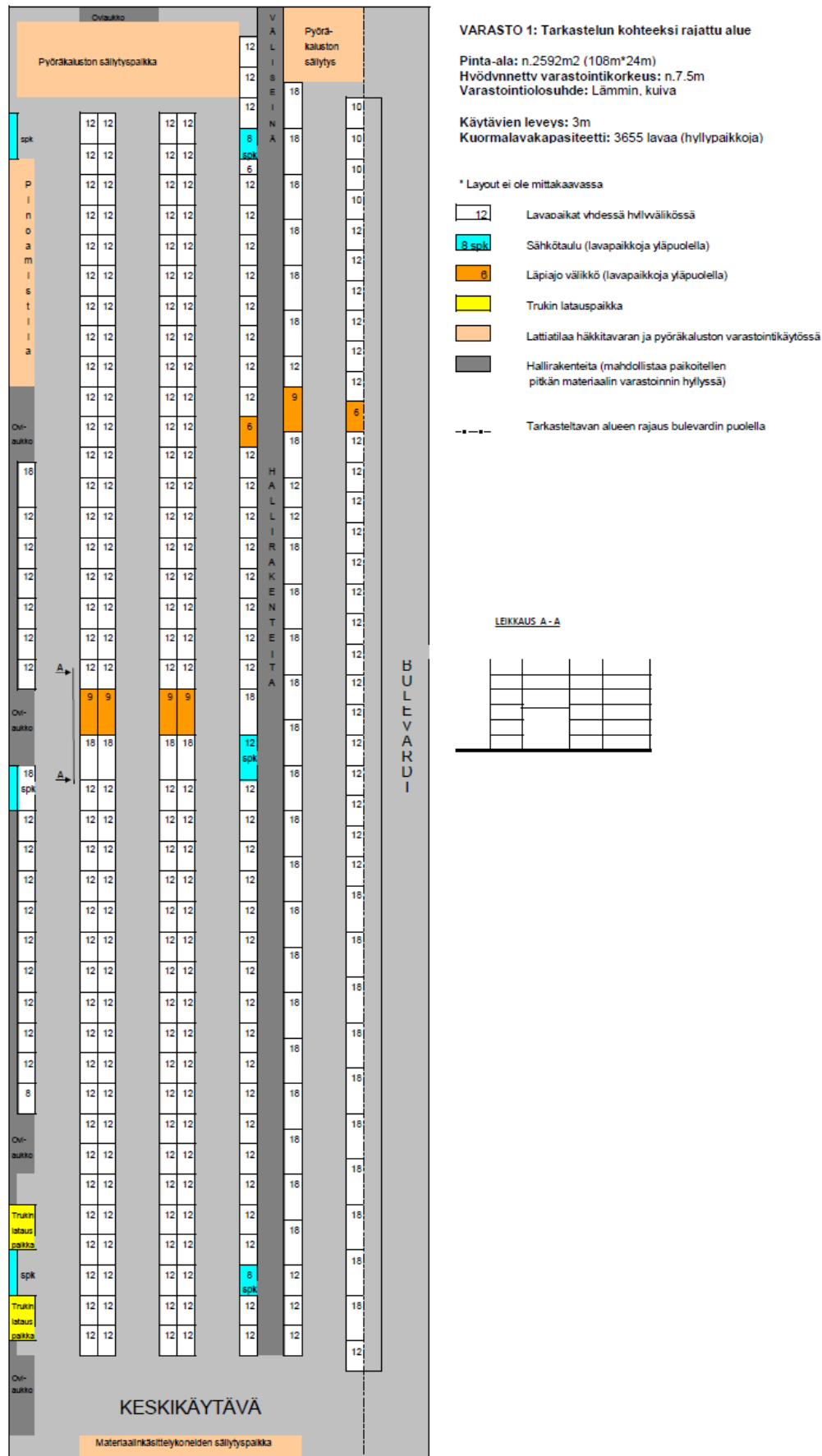
Tutkijan yhteystiedot:

Vesa Kivelä, 0299 410 436

Varastointiolosuuhdeluokka (voslk)	Varastointiolosuuhdevaatus	Varastosuojatyyppiä
0 = ULKOILMA	Suojaamaton. Materiaali on altis sateelle, lämpötilan vaihteluille, auringon säteilylle ja tuulelle.	Ei suojaa, tehdään mahdollinen alusta, aluspuut tms.
1 = SATEELTA SUOJATTU	Sateelta suojattu. Materiaali on suojattu sateelta, mutta ei muilta ulkoilman haattavaikutuksilta.	Katos, suojapeite
2 = LÄMMITTÄMÄTÖN	Lämmittämätön varastosuoja, lämpötila -33...+58 °C linjan Oulu–Jyväskylä–Imatra etelä-puolella ja -46...+58 °C linjan pohjoispuolella. Varastosuojassa vallitseva suhteellinen kosteus ja lämpötila on suunnilleen sama kuin ulkona. Varasto-suoja tasaa nopeita lämpötilan muutoksia. Kosteutta voi tiivistyä vesipisaroina esineiden pinnalle.	Peltivarastosuoja, mineriitti-varasto-suoja, telta, kontti tai vastaava, jossa EI OLE ilman-kuivausta. Varasto-suoja estää auringon lämpösäteilyn suoran vaikutuksen ja takaa riittävän tuuletuksen.
3 = KUIVAILMA	Suhteellinen kosteus alle 55 % ja lämpötila sama kuin voslk 2. Kosteus lasketaan koneellisesti välille 45–55 %. Varastossa ei ole ilman kosteutusta. Lämpötila on suunnilleen sama kuin ulkona. Varastosuoja tasaa nopeita lämpö-tilan muutoksia.	Peltivarastosuoja, mineriitti-varastosuoja tai vastaava, jossa on ilmankuivaus.
4 = LÄMMIN	Lämpötila +4...+25 °C. Suhteellinen kosteus voi vaihdella vuodenajasta ja säätilasta riippuen.	Lämpöeristetty, lämmitetty varastosuoja. Varasto-suojan lämpötila on hallittavissa ja ilmankosteus ei saavuta ääriarvoja.
5 = KYLMÄ	Lämpötila +2...+8 °C	Kylmähuone, jää- tai viileä-kaappi
6 = PAKKANEN	Lämpötila alle -18 °C	Pakkahuone, pakaste-arkku
7 = TASALÄMMIN	Lämpötila +2...+12 °C. Suhteellinen kosteus alle 55 %. Kosteus lasketaan koneellisesti välille 45–55 %. Varastossa ei ole ilmankosteutusta.	Lämmittämätön luola- tai maapeitteinen varastosuoja
9 = ERITYISVAATIMUKSET		

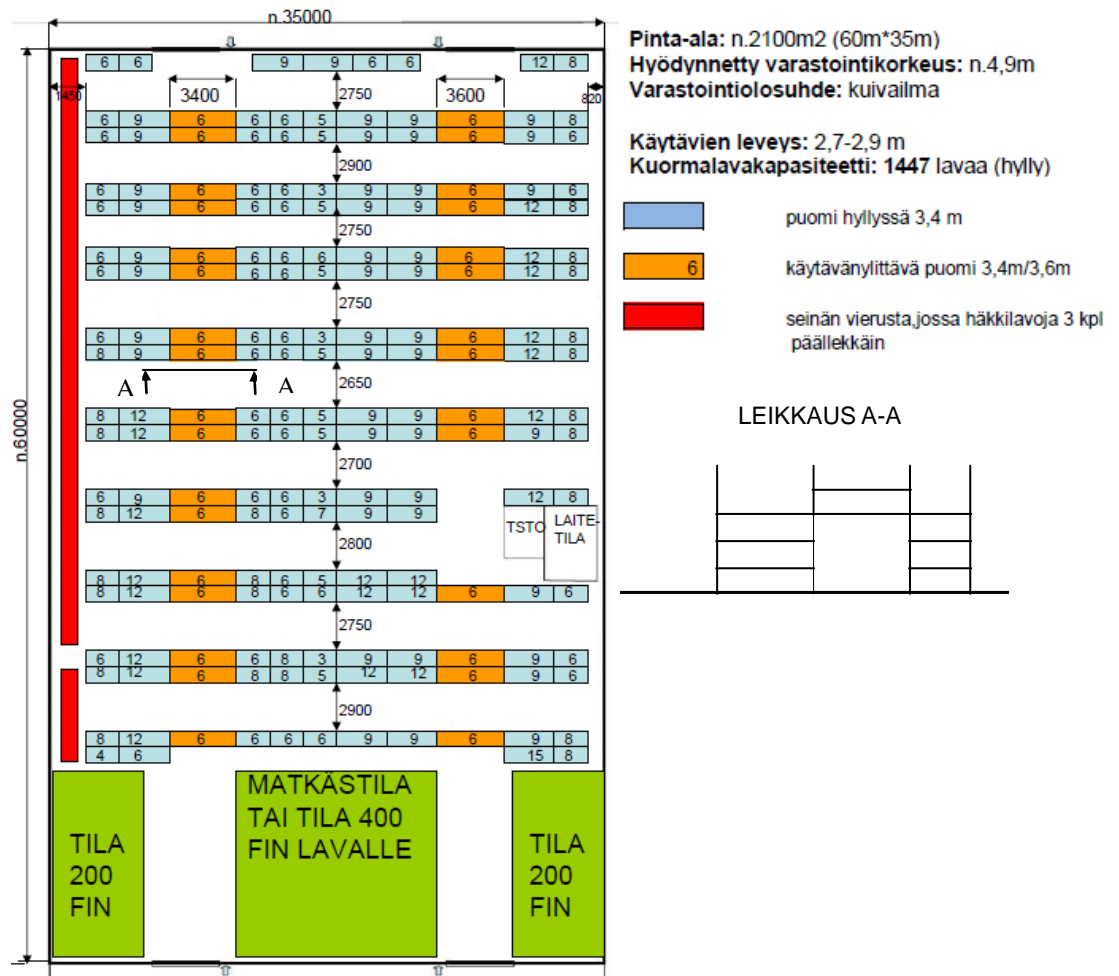
VARASTOJEN 1 JA 2 NYKYTILA

LIITE3

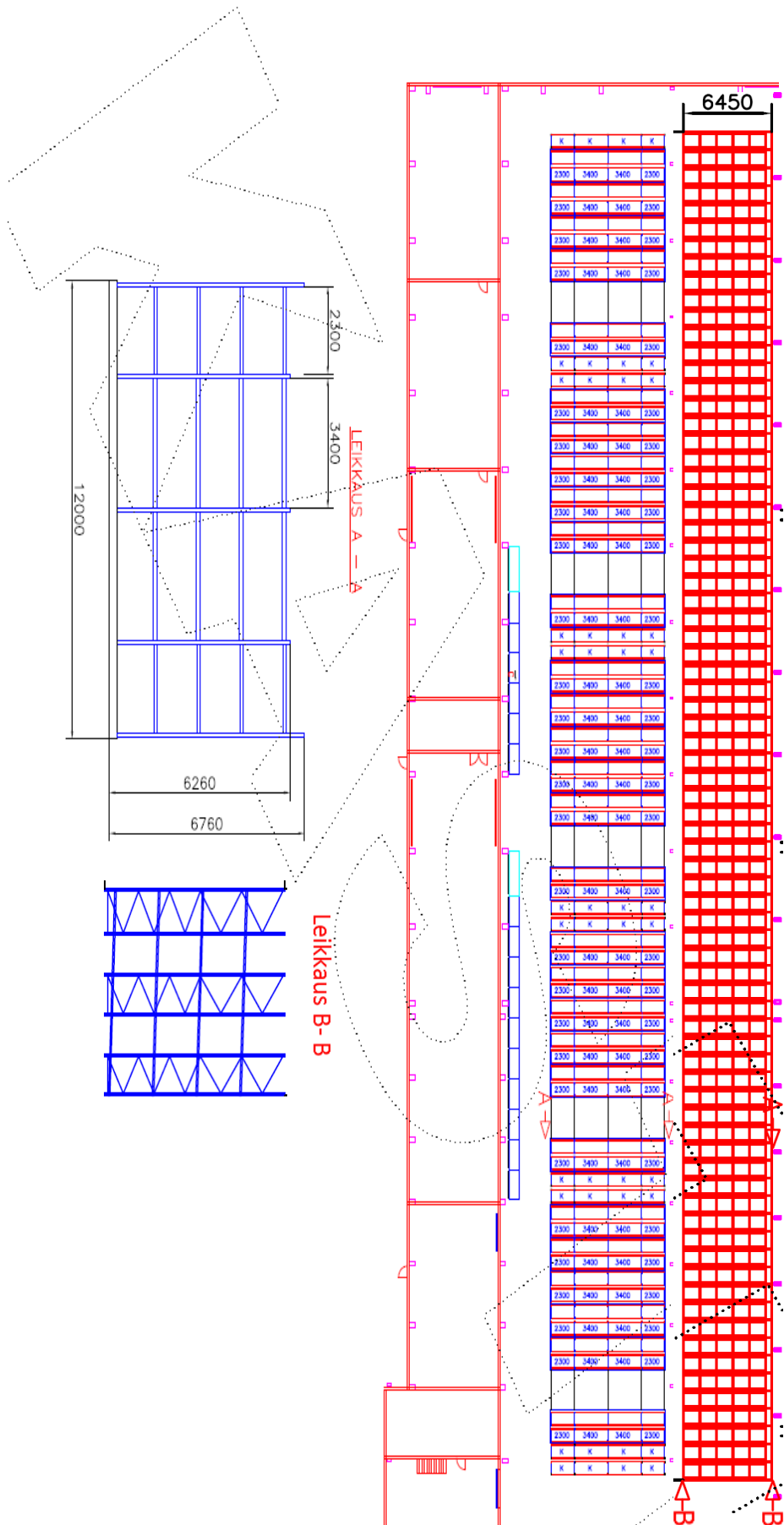


Kuva 16: Varaston 1 pohjapiirros, tiedot ja hyllyjen sijoitus [13]

LIITE 3

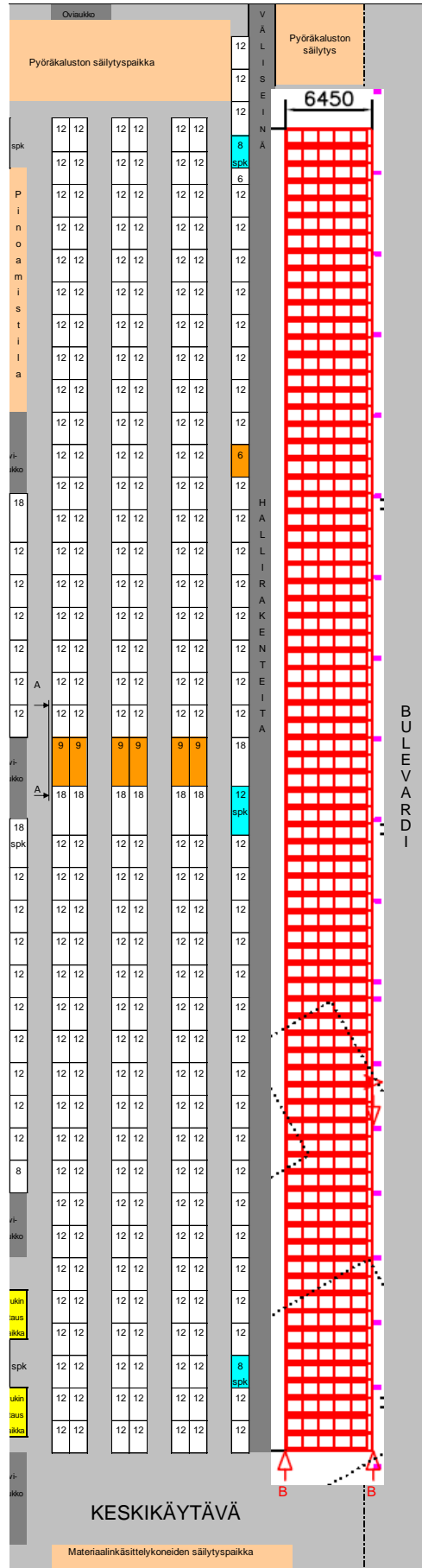


Kuva 17: Varaston 2 pohjapiirros, tiedot ja hyllyjen sijoitus[19]

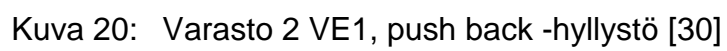


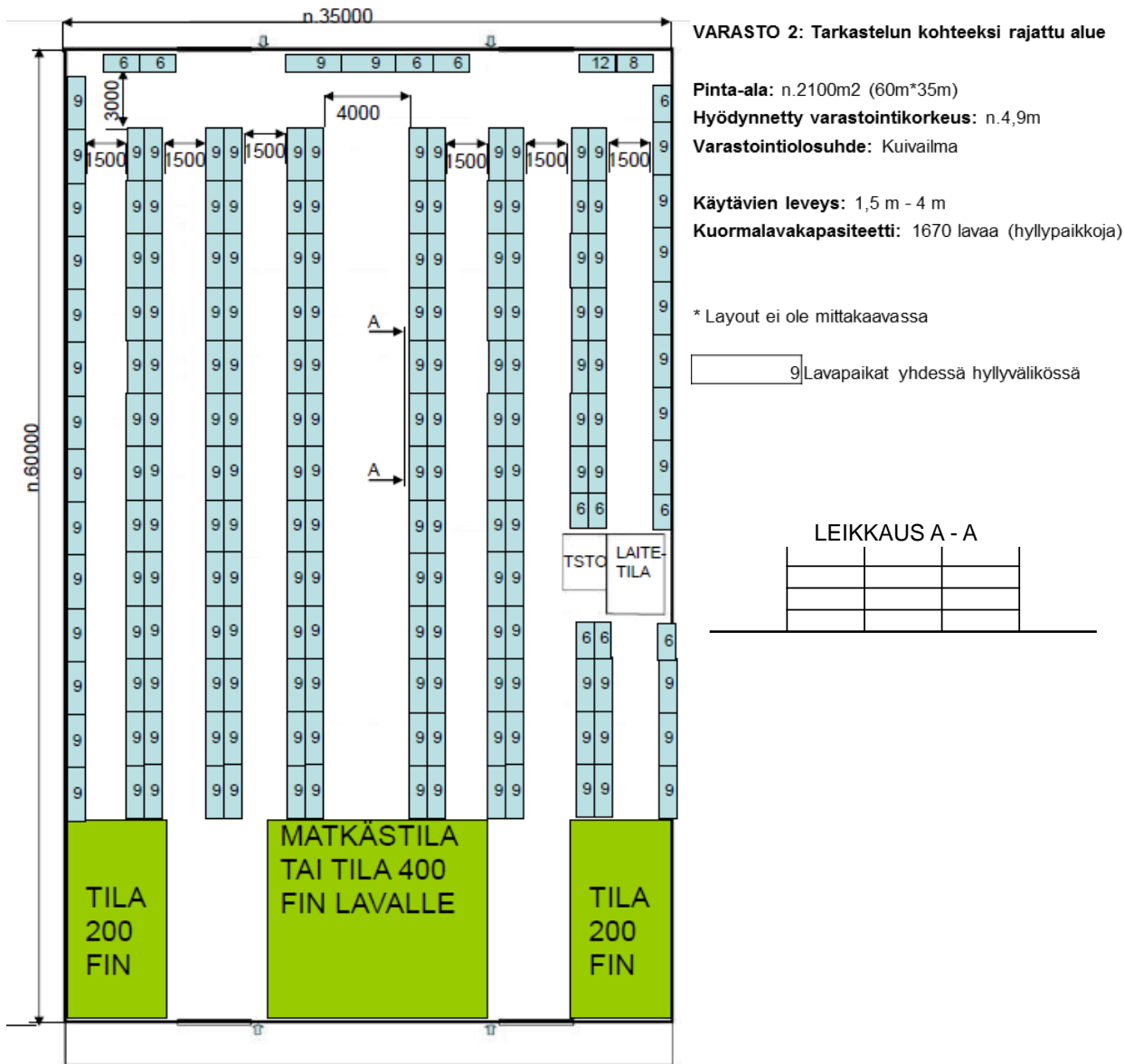
Kuva 18: Varasto 1 VE1, liikkuvat ja push back -hyllystöt [30; 31]

LIITE 4



Kuva 19: Varasto 1 VE2, kapeakäytävähyllystöt ja push back -hyllystöt





Kuva 21: Varasto 2 VE2, kapeakäytävähyllystö